



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE MEDICINA

**FOTOPROTECCIÓN SISTÉMICA COMO
COMPLEMENTO A LA FOTOPROTECCIÓN TÓPICA
FRENTE A LA RADIACIÓN SOLAR**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE MÉDICO**

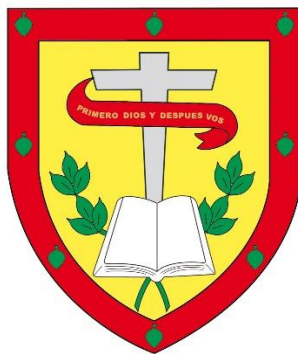
AUTOR: ANA BELEN PEÑA AVECILLAS

DIRECTOR: DR. ROLANDO ESPINOZA CÁRDENAS

CUENCA - ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE MEDICINA

**FOTOPROTECCIÓN SISTÉMICA COMO
COMPLEMENTO A LA FOTOPROTECCIÓN TÓPICA
FRENTE A LA RADIACIÓN SOLAR**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE MÉDICO**

AUTOR: ANA BELÉN PEÑA AVECILLAS

DIRECTOR: DR. ROLANDO ESPINOZA CÁRDENAS

CUENCA - ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

ANA BELEN PEÑA AVECILLAS portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0605694975**. Declaro ser el autor de la obra: **“FOTOPROTECCIÓN SISTÉMICA COMO COMPLEMENTO A LA FOTOPROTECCIÓN TÓPICA FRENTE A LA RADIACIÓN SOLAR”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 22 de octubre de 2024

F: 

ANA BELEN PEÑA AVECILLAS

C.I. 0605694975

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR / TUTOR

Certifico que el presente trabajo denominado " **FOTOPROTECCIÓN SISTÉMICA COMO COMPLEMENTO A LA FOTOPROTECCIÓN TÓPICA FRENTE A LA RADIACIÓN SOLAR** " realizado por **ANA BELEN PEÑA AVECILLAS** y **DR. CARLOS ROLANDO ESPINOZA CARDENAS** con documento de identidad No. **0102597804** previo a la obtención del título profesional de Médico, ha sido asesorado, supervisado y desarrollado bajo mi tutoría en todo su proceso, cumpliendo con la reglamentación pertinente que exige la Universidad Católica de Cuenca y los requisitos que determina la investigación científica.

Cuenca, 22 de octubre de 2024



firmado electrónicamente por:
CARLOS ROLANDO
ESPINOZA CARDENAS

F:

Dr. CARLOS ROLANDO ESPINOZA CARDENAS

DIRECTOR / TUTOR

DEDICATORIA

Esta victoria no es solo mía fue de mi mamá cuando me apoyo incansablemente, del conejo cuando me decía te admiro mucho y escuchaba mi conversación sobre medicina en los almuerzos; de mis amigos que estuvieron ahí en la mayor parte de la carrera y que por mucho que pase el tiempo jamás podré olvidar, a mi familia que miraba desde lejos mis victorias y fracasos.

Este logro lo dedico también la niña de 12 años que soñaba con ser doctora mientras escuchaba cuantas cavidades tiene el corazón, a la adolescente de 17 años que tenía mucha pasión, pero aún no sabía cómo canalizar tanta emoción, a la joven de 19 años que después de fracasar no se dio por vencida y sabía que tenía que intentarlo nuevamente y a la mujer de hoy por haber tenido resiliencia y valentía, por las noches en las que sentía que nunca lo lograría.

A mi primer paciente por mirarme con tanta ilusión y permitirme comprender que la humanidad y la humildad van más allá de un logro terrenal.

Ana Belén Peña AVECILLAS.

AGRADECIMIENTO

Dios tu amor y tu bondad no tienen límites, gracias por permitirme con humildad recibir este logro esta importante misión que pones en mi camino y que me permitiste alcanzar por esta razón te agradezco principalmente; a mis padres que me han apoyado día tras día creyendo en mí motivándome y nunca dejándose caer cuando me preguntan cómo lo logré como fui valiente y resiliente veo la cara de mi mamá y sé que nada es imposible y al verle a mi papá sé que el único límite es el cielo.

Este logro también le agradezco a mis primos Rolando, Juan Sebastián, Juan Diego y Moisés porque siempre nos mantuvimos motivados y unidos, a mis mejores amigos de la infancia, André, Jice, Jonathan, Doménica y Juanito, no importa los años siempre serán mis mejores amigos, ustedes siempre creyeron en mí; a Juan Alfredo por sus palabras de motivación diarias en esta dura etapa.

Le agradezco infinitamente a mi universidad católica, un lugar que me enseñó sobre la disciplina, la amistad, la admiración, la humanidad y la voluntad todos los días. A mis queridos profesores, mis mentores a algunos que fueron mis grandes maestros entre ellos a la Dra. Maritza Guillen, Dra. Daniela Encalada, Dra. Karla Aspiazu, Dr. Jaime Vintimilla, Dr. Arturo Carpio, a mi querido doctor Freddy Cárdenas cuanta sabiduría impartida y cariño, al Dr. Andrés Maldonado por sus palabras de motivación y por la grande admiración que le tengo y a la Dra. Susana Peña por ser un ejemplo de fuerza femenina y dedicación por su institución.

Y mi agradecimiento especial al Dr. Rolando Espinoza por su conocimiento impartido, por su ayuda y entrega en mi trabajo y por hacer que la dermatología me haya cautivado como lo hizo.

RESUMEN

La radiación solar puede tener grandes beneficios para la salud sin embargo la exposición constante a la radiación solar puede generar alteraciones en la piel y en el funcionamiento del organismo. Los efectos adversos de la exposición prolongada y continua a la luz solar constituyen un problema de salud pública, especialmente para niños y adolescentes vulnerables. Se estima que la radiación ultravioleta representa del 40% al 50% de la exposición acumulada entre las edades de 18 y 20 años y es un factor de riesgo importante para el cáncer de piel. En este sentido, en los últimos años, se han propuesto varios estudios que sugieren el uso de protectores solares orales como un complemento a la protección solar tópica. El objetivo de este trabajo es demostrar como la fotoprotección oral complementa a la fotoprotección tópica frente a la radiación solar. En esta revisión bibliográfica se seleccionaron un total de 32 artículos pertenecientes a bases de datos como PubMed, Google Académico y Scielo. Diversos estudios han demostrado que los efectos antioxidantes, antiinflamatorios e inmunomoduladores de los fotoprotectores orales pueden contribuir a prevenir los efectos adversos crónicos de la radiación solar tales como: inmunosupresión y cáncer de piel. Si bien la fotoprotección oral no sustituye a la tópica, al emplearse en conjunto, poseen un efecto sinérgico frente a los efectos adversos de la radiación solar.

Palabras clave: Oral, protector, radiación, solar, tópica.

ABSTRACT

Solar radiation can have significant health benefits; however, constant exposure to solar radiation can generate alterations in the skin and the functioning of the organism. The adverse effects of prolonged and continuous exposure to sunlight constitute a public health problem, especially for vulnerable children and adolescents. It is estimated that ultraviolet radiation accounts for 40% to 50% of cumulative exposure between the ages of 18 and 20 years and is a major risk factor for skin cancer. In this regard, in recent years, several studies have been proposed suggesting the use of oral sunscreens as a complement to topical sun protection. The aim of this work is to demonstrate how oral photoprotection complements topical photoprotection against solar radiation. In this literature review, a total of 32 articles were selected from databases such as PubMed, Google Scholar, and SciELO. Several studies have shown that the antioxidant, anti-inflammatory, and immunomodulatory effects of oral photoprotectors can contribute to preventing the chronic adverse effects of solar radiation, such as immunosuppression and skin cancer. Although oral photoprotection does not replace topical photoprotection, when used together, they have a synergistic effect against the adverse effects of solar radiation.

Keywords: Oral, protector, radiation, solar, topical.

ÍNDICE

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN.....	10
OBJETIVOS.....	12
General.....	12
Específicos	12
DESARROLLO.....	13
ASPECTOS GENERALES SOBRE LA RADIACIÓN SOLAR.	13
Espectro electromagnético	13
Beneficios de la radiación solar	14
Efectos adversos de la radiación solar.....	14
Fisiopatología.....	14
FOTOPROTECCIÓN.....	15
Definición.....	15
Componentes y mecanismo de acción de los principales fotoprotectores tópicos y orales	16
CONCLUSIÓN	22
BIBLIOGRAFÍA.....	23
ANEXOS.....	26

INTRODUCCIÓN

Los efectos adversos de la exposición prolongada y continua al sol constituyen un problema de salud pública, especialmente para los niños y adolescentes vulnerables. Se calcula que la radiación UV representa entre el 40 y el 50% de la exposición acumulada entre los 18 y los 20 años de edad y es un importante factor de riesgo de cáncer de piel. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), en 2020 se produjeron más de 1,5 millones de casos de cáncer de piel y más de 120.000 muertes relacionadas con la enfermedad en todo el mundo (1–4).

La radiación solar tiene un impacto significativo en la población de Ecuador, ya que este país recibe una intensa influencia solar durante todo el año debido a su situación geográfica. La cifra exacta depende de distintos factores como la estación, la hora del día, las condiciones meteorológicas, la situación geográfica exacta y las condiciones climáticas locales. El cáncer de piel, por ejemplo, es una de las cinco enfermedades con mayor incidencia en Guayaquil (4–8).

Se considera que alrededor del 90% del envejecimiento prematuro de la piel se debe a una exposición prolongada al sol. Además, la radiación solar contribuye a la aparición de manchas cutáneas, lesiones precancerosas e inmunosupresión. Según la OMS, la radiación solar puede causar ceguera en el 20% de los pacientes con cataratas (4–7).

Los efectos perjudiciales de la radiación solar en la piel y organismo, implican la fotoprotección oral o sistémica como complemento a la fotoprotección tópica. Dentro de los componentes principales de la protección solar oral se encuentran el *Polypodium leucotomos*, la nicotinamida, el té verde, los flavonoides, la vitamina E y, los carotenoides. Estos

compuestos poseen propiedades antiinflamatorias, inmunomoduladoras y antioxidantes, las cuales además de ofrecer protección contra los daños agudos de la radiación solar, ofrecen fotoprotección sistémica (9,10).

Basándose en lo mencionado anteriormente, el propósito de este estudio es evidenciar cómo la fotoprotección oral complementa a la fotoprotección tópica frente a la radiación solar.

OBJETIVOS

General

Demostrar como la fotoprotección oral complementa a la fotoprotección tópica frente a la radiación solar.

Específicos

- Mencionar los principales tipos de fotoprotectores tópicos y orales, sus componentes y mecanismo de acción.
- Detallar como complementa la fotoproteccion oral a la topica

DESARROLLO

ASPECTOS GENERALES SOBRE LA RADIACIÓN SOLAR.

Espectro electromagnético

Las diferentes frecuencias de ondas electromagnéticas emitidas por el sol se clasifican de la siguiente manera (11):

- Radiación ultravioleta (6% del espectro solar; 315-400 nm).
- Radiación visible (52% del espectro solar; 400-780 nm).
- Radiación infrarroja (42% del espectro solar; 700-1000 nm).

La radiación ultravioleta (RUV) es la más relevante en la salud; esta a su vez se clasifica en tres subtipos (UVA, UVB y UVC); UVC no llega a la tierra debido a que es absorbida por la estratosfera. No obstante, UVA y UVB si llegan a la tierra, y, UVA penetra más en la piel porque su longitud de onda es mayor (12).

Existen diferentes factores que contribuyen al aumento de la intensidad de la radiación ultravioleta (RUV) entre ellos vale la pena mencionar (13):

- **Horario:** La radiación es más intensa entre las 10:00 am y las 16:00 pm.
- **Estacionalidad:** Durante la primavera y el verano, la intensidad de la radiación aumenta.
- **Altitud:** A mayor altitud, la capa atmosférica se vuelve más fina y absorbe menos radiación UV. En general, cada 1.000 metros de altitud suponen un aumento de la radiación UV desde el 9 al 24% y del 13 al 36%.
- **Clima:** Durante el verano, la radiación ultravioleta tiende a ser más intensa.

Beneficios de la radiación solar

Unas cantidades adecuadas de radiación solar aportan numerosos beneficios para la salud, ya que es la principal fuente de vitamina D, importante para la prevención de diversas enfermedades musculoesqueléticas, metabólicas, cardiovasculares y autoinmunes. La radiación solar también estimula las hormonas responsables de regular los ritmos circadianos y es una condición necesaria para la vida y la salud debido a sus propiedades inmunomoduladoras (13–15).

Efectos adversos de la radiación solar

Tabla 1: Efectos adversos de la radiación solar (12,16,17)

Bronceado	En este proceso se forman dímeros de pirimidina de ciclobuteno mutagénicos, los cuales contribuyen al cáncer de piel.
Quemadura solar	Se considera un factor de riesgo para el carcinoma basocelular y el melanoma.
Fotoenvejecimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Su desarrollo viene determinado por factores genéticos, el tipo de piel y la exposición prolongada e intensa a la radiación solar. • Está causada por daños en el ADN y la formación de compuestos reactivos del oxígeno.
Inmunosupresión	<p>Se debe a diversos mecanismos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Infiltración de neutrófilos, que conlleva a la producción de citocinas antiinflamatorias. • Migración de células dendríticas y mastocitos a los ganglios linfáticos que drenan la piel. • Aumento en los niveles de lípidos de esfingosina 1 fosfato, los cuales evitan la circulación de linfocitos.
Cáncer de piel y lesiones precancerosas	Se produce como resultado de la exposición prolongada a la radiación solar, dado que, esto conlleva a mutaciones en las proteínas supresoras de tumores e inmunosupresión.

Fisiopatología

En los efectos nocivos de la radiación solar intervienen dos mecanismos el fotoquímico y el térmico. Los mecanismos fotoquímicos están relacionados con la absorción de fotones por los cromóforos, es decir, moléculas específicas del tejido diana; el grado de daño causado

por la radiación solar viene determinado por la duración y la intensidad de la exposición. Los mecanismos térmicos están relacionados con la conversión de la energía solar en calor; si la energía térmica alcanza un nivel muy elevado, puede dar lugar a la formación de especies reactivas del oxígeno (ROS), que interactúan con las membranas lipídicas, las proteínas y el ADN, causando daños celulares (11).

FOTOPROTECCIÓN

Definición

La fotoprotección son las medidas físicas, tópicas o sistémicas adoptadas para evitar que la radiación ultravioleta dañe la piel. Las medidas generales de fotoprotección incluyen: Reducción del tiempo de exposición al sol, medidas de fotoprotección externa e interna (8).

La exposición excesiva al sol sin tomar las precauciones necesarias contribuye al desarrollo de diversas enfermedades cutáneas denominadas fotodermatosis. En este contexto, el 50-80% de la radiación ultravioleta (RUV) llega a los menores de 18 años, siendo los niños y adolescentes los más afectados. Los efectos adversos más comunes de la radiación solar son las quemaduras solares, la fotopigmentación o melasma, la erupción lumínica multiforme, el prurigo actínico, la exacerbación de enfermedades autoinmunes, las infecciones, el envejecimiento prematuro, las enfermedades oculares (fotoqueratitis, catarata, pinguécula, pterigión) y el cáncer de piel (13,14,18).

Vera (13) afirma que, las tasas de cáncer de piel han aumentado, especialmente en el grupo de edad comprendido entre los 20 y 30 años. Por otra parte, Neale et al. (14) mencionan que, los melanomas en la cabeza y el cuello están asociados con la exposición solar acumulada.

Componentes y mecanismo de acción de los principales fotoprotectores tópicos y orales

Los protectores solares tópicos son productos que combinan distintos ingredientes y afectan a la piel de tres maneras: Absorbiendo, bloqueando o difundiendo la radiación UV. La mayoría de los estudios los recomiendan para prevenir deterioro en el ADN ocasionados por el sol (14,19).

Existen dos tipos de protección solar tópica: físicos o inorgánicos y químicos u orgánicos. Los protectores solares físicos son sustancias que reflejan la luz UV en la superficie de la piel e impiden que penetre en ella; sus principales componentes son el dióxido de titanio y el óxido de zinc. Por el contrario, los filtros solares químicos absorben la luz solar y actúan contra espectros específicos de la misma; suelen añadirse a los cosméticos porque son incoloros; sus principales componentes son el ácido paraaminobenzoico (PABA), el ácido cinámico, los salicilatos, el octocrileno, las benzofenonas, la antralina y la avobenzona (14,19,20).

Con respecto a los fotoprotectores tópicos inorgánicos, Serpone (21) expresa que no sólo proporcionan una protección eficaz contra la radiación UV, sino que también son muy beneficiosos porque limitan la penetración de la radiación en la piel y no la sensibilizan. Aunque el espectro de absorción de la radiación UV de los filtros solares inorgánicos es limitado, ofrecen efectos sinérgicos cuando se combinan con filtros solares orgánicos.

En 1999, la FDA (Food and Drug Administration) categorizó la protección solar en mínima (2 a 12 SPF), moderada (30 SPF) y alta (a partir de 30 SPF). La ADD (Academia Americana de Dermatología) recomienda emplear fotoprotectores cuyo factor de protección sea mayor o igual a 30. Vera Navarro L (13) aclara que, un protector solar que posea un factor de

protección alto (75 o más) no proporcionará una protección adicional significativa más allá de 50. Ciertos estudios indican que el uso regular de protectores solares tópicos con un factor de protección solar (FPS) de 15 durante los primeros 18 años de vida reduce el riesgo de melanoma en un 78% (14,19).

Andrews, et al (19), realizaron una prueba para comprobar si el factor de protección solar etiquetado era igual al factor de protección solar in vitro. Existieron discrepancias significativas en los factores de protección solar del ZnO, los fotoprotectores orgánicos y, en las combinaciones de fotoprotectores orgánicos e inorgánicos. En tanto que, el factor de protección solar etiquetado e in vitro fue similar en el TiO₂, así como, en las combinaciones de ZnO y TiO₂. Los fotoprotectores que cumplieron con el factor de protección solar mínimo, es decir un SPF de 30 fueron: ZnO + TiO₂, TiO₂ y, los fotoprotectores orgánicos.

Por otra parte, Bode Ann et al (20), analizaron la efectividad de los fotoprotectores tópicos para la protección contra los diferentes tipos de radiación. Los fotoprotectores que demostraron ofrecer protección tanto para la radiación UVA como para la radiación UVB fueron el ZnO, la avobenzona + octinoxato, el ZnO + otocrileno y, la avobenzona + otocrileno + TiO₂.

Tabla 2: Fotoprotección según fototipo cutáneo (22)

Piel oscura	Protector solar con SPF 30 + y un ratio SPF/UVA-PF < 1,5
Piel clara	Protector solar con SPF 50 + y un ratio SPF/UVA-PF < 3
Trastornos de hiperpigmentación en pieles intermedias y oscuras	Fotoprotectores que contienen pigmentos (óxido de hierro): > efecto fotoprotector contra luz azul.

Los fotoprotectores orales o sistémicos pueden utilizarse como complemento de los fotoprotectores tópicos porque sus efectos son independientes del grado de absorción cutánea y no cambian con la exposición a las condiciones externas. Sin embargo, no pueden utilizarse como monoterapia porque no protegen frente a la exposición directa a la radiación solar. Los fotoprotectores orales más estudiados son el Polypodium leucotomos, la nicotinamida, la vitamina E, el té verde, los carotenoides y los flavonoides (9).

El Polypodium leucotomos es un helecho compuesto por polifenoles que posee varias propiedades fotoimmunoprotectoras, tales como: disminución del eritema inducido por la radiación solar, prolongación de la supervivencia de las células de Langerhans epidérmicas, reducción de la expresión de la ciclooxigenasa 2, aumento de la actividad de p53, entre otras (23).

Pourang et al (23), concluyó que Polypodium leucotomos previene el fotodaño regulando las enzimas responsables de remodelar la matriz extracelular y reduciendo la producción de especies reactivas de oxígeno.

La nicotinamida presente en alimentos como carne, pescado, legumbres y nueces, posee propiedades antiinflamatorias que protegen contra los efectos de la radiación ultravioleta. Además, disminuye la pérdida de agua a través de la piel, por lo que puede ser empleada como un coadyuvante en el tratamiento de las dermatitis (24).

Snaidr, et al (24) mencionan que, la nicotinamida contribuye a la prevención del cáncer de piel puesto que, protege contra la supresión inmune inducida por los rayos UV. Sin embargo, se debe evitar emplear dosis muy altas (> 3 g/dl) dado que, podría producir hepatotoxicidad.

Por otro lado, existe evidencia documentada acerca de la utilidad de la vitamina E para la protección solar, prevenir el cáncer de piel, el tratamiento del melasma y la reducción del fotoenvejecimiento gracias a sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias; también aumenta la expresión del colágeno y reduce la actividad de la tirosinasa. La vitamina E puede obtenerse de aceites vegetales, frutos secos y verduras de hoja verde (25).

Adicional a esto, se han encontrado propiedades antifibróticas en el té verde, el cual se obtiene a partir de las hojas de la planta *Camellia sinensis*, originaria de Asia; está compuesto por polifenoles como las catequinas, epicatequinas y, epigallocatequinas. El té verde posee propiedades antifibróticas que permiten la regeneración de la piel y, favorece la apoptosis de los sebocitos, lo que puede contribuir a la disminución del acné. Además, posee propiedades inmunomoduladoras, antioxidantes y antiinflamatorias (26).

Los carotenoides son un tipo de fitonutrientes responsables de la coloración roja, naranja y amarilla de las frutas y verduras, es así como, se los puede obtener de la naranja, las zanahorias, el tomate, etc. Estos compuestos desempeñan un papel crucial en la protección solar sistémica al neutralizar los radicales libres de oxígeno generados por la radiación ultravioleta., reparar los daños del ADN producidos por la radiación solar y, suprimir las respuestas inflamatorias celulares (27).

Al igual que los compuestos mencionados en los párrafos anteriores, los flavonoides poseen propiedades inmunomoduladoras, antioxidantes y antiinflamatorias que ofrecen protección contra los daños agudos y crónicos inducidos por la radiación solar. Los flavonoides se encuentran en los arándanos, ciruelas, manzanas, fresas, naranjas, etc (28).

Mohammad et al (18), realizó un estudio clínico en el que 27 adultos sanos con fototipos cutáneos IV a VI fueron expuestos a cinco dosis de luz visible en el lado izquierdo de la espalda durante siete días. A continuación, tomaron comprimidos que contenían extracto de *Polypodium leucotomos* durante 21 días y se expusieron a las mismas dosis de luz visible en el lado derecho de la espalda durante siete días. El estudio demostró que la ingesta de *Polypodium leucotomos* ayudaba a reducir la pigmentación y la inflamación de la piel, así como el daño celular. No obstante, se recomienda el uso de *Polypodium leucotomos* como complemento de la protección tópica contra la luz solar. Por otra parte, Kohli et al (29), llevaron a cabo un estudio clínico en el cual 22 sujetos de fototipos de piel I y III fueron irradiados con luz ultravioleta visible mediante el láser excimer de 308 nm. Se realizaron dos evaluaciones; la primera al finalizar la exposición a la radiación y, la segunda, tras la ingesta de *Polypodium leucotomos*. Las evaluaciones clínicas y los datos de colorimetría mostraron disminución de los cambios agudos generados por la radiación UVB en 17 de los 22 sujetos que ingirieron este extracto, así como una disminución en los cambios histológicos en todos los participantes. Es por esto que, los autores recomiendan la fotoprotección oral como coadyudante de la tópica para la prevención de los efectos nocivos de la radiación solar a corto y largo plazo.

Pellacani G et al (30) realizaron un estudio aleatorizado, en donde 131 sujetos de edad avanzada que presentaban queratosis actínica severa fueron sometidos a un tratamiento que combinaba la fotoprotección oral (*Polypodium leucotomos*) con la tópica, durante un período de 6 a 12 meses. La evaluación clínica y el examen mediante microscopía confocal de reflectancia mostraron una disminución de la queratosis actínica y una normalización de la

capa de queratinocitos; determinando así que la combinación de fotoprotección tópica y oral puede ser de gran utilidad para el tratamiento de la queratosis actínica.

Según Baswan, et al (31), los carotenoides se podrían implementar en la dieta como un complemento a la fotoprotección tópica puesto que, ayudan a prevenir el eritema de la piel causado por la radiación solar. Además, se sugiere que el uso de carotenoides puede prevenir o reducir los efectos del fotoenvejecimiento y el desarrollo de cáncer de piel inducido por la radiación solar.

Di Sotto, et al (26) argumentan que, a pesar de que el consumo de té verde no ha demostrado disminuir el fotoenvejecimiento producido por la radiación, sí ayuda a reducir la inflamación de la piel y contrarrestar el estrés oxidativo. Por otra parte, en un ensayo clínico realizado por Farrar M et al (32) se concluye que, el té verde no proporciona fotoprotección contra el daño directo del ADN inducido por la radiación solar. No obstante, su uso como complemento a la fotoprotección tópica no se ha estudiado del todo por lo que sugiere nuevos estudios.

CONCLUSIÓN

Aunque la exposición al sol es buena para la salud, la radiación prolongada sin medidas de protección se considera un factor de riesgo de diversas enfermedades cutáneas y sistémicas como el fotoenvejecimiento, el eritema, la inmunosupresión y el cáncer de piel. Por ello, la Food and Drug Administration (FDA) recomienda el uso de protectores solares tópicos con un FPS igual o superior a 30. Existen dos tipos de protectores solares físicos y químicos, cuyo uso simultáneo tiene un efecto sinérgico en la prevención del daño solar.

En la actualidad los principales fotoprotectores orales con más estudios son: Polypodium leucotomos, nicotinamida, té verde, carotenoides y flavonoides.

Recientemente, se han realizado numerosos estudios que confirman la eficacia de la fotoprotección oral como complemento a la fotoprotección tópica, ya que los ingredientes utilizados en la fotoprotección oral tienen propiedades inmunomoduladoras, antioxidantes y antiinflamatorias, este tipo de abordaje puede prevenir la aparición de nuevas lesiones en las zonas de la piel expuestas al sol en más del 20%, esta observación puede influir así en el enfoque clínico futuro para la prevención de la queratosis actínica.

BIBLIOGRAFÍA

1. 1. Sanz García C, Pérez Leal M, Cortijo Gimeno J. La radiación solar y la fotoprotección. *Actual En Farmacol Ter.* 2021;19(2):88–108.
2. Organización Mundial de la Salud . Disponible en: <https://www.who.int/es>
3. OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud . Disponible en: <https://www.paho.org/es>
4. Sociedad de Lucha contra el Cáncer - SOLCA . Disponible en: <https://www.solca.med.ec/>
5. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.El Sol, la Radiacion Ultravioleta y Usted. 1th. Washington, DC. Ariel Rios Building. 2002
6. Shin D. W. (2020). Various biological effects of solar radiation on skin and their mechanisms: implications for phototherapy. *Animal cells and systems*, 24(4), 181–188.
7. Skotarczak, K., Osmola-Mańkowska, A., Lodyga, M., Polańska, A., Mazur, M., & Adamski, Z. (2015). Photoprotection: facts and controversies. *European review for medical and pharmacological sciences*, 19(1), 98–112.
8. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana: Análisis comparativo de radiación solar vs. actividad solar en Quito y sus efectos sobre la salud en el período 2007 - 2016 Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13733>
9. Parrado, C., Philips, N., Gilaberte, Y., Juarranz, A., & González, S. (2018). Oral Photoprotection: Effective Agents and Potential Candidates. *Frontiers in medicine*, 5, 188.
10. 10.Garnacho Saucedo GM, Salido Vallejo R, Moreno Giménez JC. Efectos de la radiación solar y actualización en fotoprotección. *An Pediatría.* 2020 Jun;92(6):377.e1-377
11. Modenese, A., Korpinen, L., & Gobba, F. (2018). Solar Radiation Exposure and Outdoor Work: An Underestimated Occupational Risk. *International journal of environmental research and public health*, 15(10), 2063.
12. Wang, M., Charareh, P., Lei, X., & Zhong, J. L. (2019). Autophagy: Multiple Mechanisms to Protect Skin from Ultraviolet Radiation-Driven Photoaging. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2019, 8135985.
13. Vera--Navarro Liliana. Actualización en fotoprotección. *Cuad. - Hosp. Clín.* 2022 Jun; 63(1): 64-75. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1652-67762022000100010&lng=es.](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1652-67762022000100010&lng=es)

14. Neale RE, Lucas RM, Byrne SN, Hollestein L, Rhodes LE, Yazar S, et al. Los efectos de la exposición a la radiación solar en la salud humana.
15. Kang TH. Circadian Rhythm of NER and ATR Pathways. *Biomolecules*. 2021 May 11;11(5):715.
16. Hartono, S. P., Bedell, V. M., Alam, S. K., O'Gorman, M., Serres, M., Hall, S. R., Pal, K., Kudgus, R. A., Mukherjee, P., Seelig, D. M., Meves, A., Mukhopadhyay, D., Ekker, S. C., & Hoepfner, L. H. (2022). Vascular Endothelial Growth Factor as an Immediate-Early Activator of Ultraviolet-Induced Skin Injury. *Mayo Clinic proceedings*, 97(1), 154–164.
17. Del Rosso. Extracto de *Polypodium Leucotomos* (PLE). *J Clin Aesthet Dermatol*. 2019;12(8):45–46
18. Mohammad, T. F., Kohli, I., Nicholson, C. L., Treyger, G., Chaowattanapanit, S., Nahhas, A. F., Braunberger, T. L., Lim, H. W., & Hamzavi, I. H. (2019). Oral *Polypodium Leucotomos* Extract and Its Impact on Visible Light-Induced Pigmentation in Human Subjects. *Journal of drugs in dermatology : JDD*, 18(12), 1198–1203
19. Andrews, D. Q., Rauhe, K., Burns, C., Spilman, E., Temkin, A. M., Perrone-Gray, S., Naidenko, O. V., & Leiba, N. (2022). Laboratory testing of sunscreens on the US market finds lower in vitro SPF values than on labels and even less UVA protection. *Photodermatology, photoimmunology & photomedicine*, 38(3), 224–232.
20. Bode, A. M., & Roh, E. (2020). Are FDA-Approved Sunscreen Components Effective in Preventing Solar UV-Induced Skin Cancer?. *Cells*, 9(7), 1674.
21. Serpone N. (2021). Sunscreens and their usefulness: have we made any progress in the last two decades?. *Photochemical & photobiological sciences : Official journal of the European Photochemistry Association and the European Society for Photobiology*, 20(2), 189–244.
22. He, H., Li, A., Li, S., Tang, J., Li, L., & Xiong, L. (2021). Natural components in sunscreens: Topical formulations with sun protection factor (SPF). *Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie*, 134, 111161.
23. Pourang, A., Dourra, M., Ezekwe, N., Kohli, I., Hamzavi, I., & Lim, H. W. (2021). The potential effect of *Polypodium leucotomos* extract on ultraviolet- and visible light-induced photoaging. *Photochemical & photobiological sciences : Official journal of the European Photochemistry Association and the European Society for Photobiology*, 20(9), 1229–1238.
24. Snaidr, V. A., Damian, D. L., & Halliday, G. M. (2019). Nicotinamide for photoprotection and skin cancer chemoprevention: A review of efficacy and safety. *Experimental dermatology*, 28 Suppl 1, 15–22.

25. Krol, E. S., Kramer-Stickland, K. A., & Liebler, D. C. (2020). Photoprotective actions of topically applied vitamin E. *Drug metabolism reviews*
26. Di Sotto A, Gulli M, Percaccio E, Vitalone A, Mazzanti G, Di Giacomo S. Efficacy and Safety of Oral Green Tea Preparations in Skin Ailments: A Systematic Review of Clinical Studies. *Nutrients*. 2022 Jul 30;14(15):3149.
27. Anbualakan, K., Tajul Urus, N. Q., Makpol, S., Jamil, A., Mohd Ramli, E. S., Md Pauzi, S. H., & Muhammad, N. (2022). A Scoping Review on the Effects of Carotenoids and Flavonoids on Skin Damage Due to Ultraviolet Radiation. *Nutrients*, 15(1), 92.
28. Nisakorn Saewan* and Ampa Jimtaisong. *Journal of Applied Pharmaceutical Science* Vol. 3 (09), pp. 129-141, September, 2013. 2;14.
29. Kohli, I., Shafi, R., Isedeh, P., Griffith, J. L., Al-Jamal, M. S., Silpa-Archa, N., Jackson, B., Athar, M., Kollias, N., Elmets, C. A., Lim, H. W., & Hamzavi, I. H. (2017). The impact of oral *Polypodium leucotomos* extract on ultraviolet B response: A human clinical study. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 77(1), 33–41.e1.
30. Pellacani, G., Peris, K., Ciardo, S., Pezzini, C., Tambone, S., Farnetani, F., Longo, C., Chello, C., & González, S. (2023). The combination of oral and topical photoprotection with a standardized *Polypodium leucotomos* extract is beneficial against actinic keratosis. *Photodermatology, photoimmunology & photomedicine*, 10.1111
31. Baswan, S. M., Marini, A., Klosner, A. E., Jaenicke, T., Leverett, J., Murray, M., Gellenbeck, K. W., & Krutmann, J. (2020). Orally administered mixed carotenoids protect human skin against ultraviolet A-induced skin pigmentation: A double-blind, placebo-controlled, randomized clinical trial. *Photodermatology, photoimmunology & photomedicine*, 36(3), 219–225.
32. Farrar, M. D., Huq, R., Mason, S., Nicolaou, A., Clarke, K. A., Dew, T. P., Williamson, G., Watson, R. E. B., & Rhodes, L. E. (2018). Oral green tea catechins do not provide photoprotection from direct DNA damage induced by higher dose solar simulated radiation: A randomized controlled trial. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 78(2), 414–416.

ANEXOS

N°	Autor/Fecha	País	Tipo de artículo	N° de personas evaluadas	Tipo de fotoprotector	Efectividad
1	Serpone Nick, 2021	Italia	Revisión bibliográfica	-----	Tópico (ZnO)	Buena
					Tópico (TiO ₂)	Buena
					Tópico (Oxibenzona)	Buena, pero se absorbe sistémicamente (uso controversial)
					Tópico (Avobenzona)	Regular, altamente fotoinestable
2	Andrews David et al, 2021	Estados Unidos	Analítico, prospectivo	-----	Tópico (ZnO)	Regular
					Tópico (ZnO + TiO ₂)	Buena
					Tópico (TiO ₂)	Buena
					Tópico (Mineral + orgánico)	Regular
					Tópico (Orgánico)	Buena
					Tópico (luz del simulador solar + loción)	No aplicable
					Tópico (abovenzona + luz del simulador solar)	Buena protección contra UVA
					Tópico (otocrileno + luz)	Buena protección contra UVB;

3	Bode Ann et al, 2020	Estados Unidos	Analítico, prospectivo	-----	del simulador solar)	limitada protección contra UVA
					Tópico (oxibenzona + luz del simulador solar)	Buena protección contra UVB; limitada protección contra UVA
					Tópico (octinoxato + luz del simulador solar)	Buena protección contra UVB
					Tópico (TiO ₂ + luz del simulador solar)	Buena protección contra UVB; limitada protección contra UVA
					Tópico (ZnO + luz del simulador solar)	Buena protección contra UVB y UVA
					Tópico (otocrileno + ZnO + luz del simulador solar)	Buena protección contra UVB y UVA
					Tópico (avobenzona + TiO ₂ + luz del simulador solar)	Buena protección contra UVB y UVA
4	Mohammad Tasneem et al, 2019	Estados Unidos	Analítico, prospectivo	27 hombres y mujeres sanos, con fototipos	Oral (Polypodium leuotomus)	Buena

				de piel IV – VI		
5	Pourang Aunna et al, 2021	Estados Unidos	Revisión bibliográfica	-----	Oral (Polypodium leuotomus)	Buena
6	Snaidr Victoria et al, 2018	Australi a	Revisión bibliográfica	-----	Oral (Nicotinamida)	Buena
7	Di Sotto Antonella et al, 2022	Italia	Revisión sistemática	-----	Oral (catequinas: té verde)	Buena
8	Farrar Mark et al, 2018	Estados Unidos	Ensayo clínico	Adultos blancos sanos (13 hombres y 37 mujeres; 18-65 años de edad)	Oral (catequinas: té verde)	Nula fotoprotección contra el daño directo del ADN inducido por la radiación solar.
9	Baswan Sudhir et al, 2021	Estados Unidos	Revisión bibliográfica	-----	Oral (carotenoides)	Buena
10	Scherer Julia et al, 2021	Reino Unido	Revisión bibliográfica	-----	Oral (Vitamina E)	Buena
11	Nisakorn S et al, 2013	Tailandi a	Revisión bibliográfica	-----	Oral (Isoflavonas de soja)	Buena

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

Ana Belén Peña AVECILLAS portadora de la cédula de ciudadanía N° **0605694975**. En calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales del Proyecto de Titulación **“FOTOPROTECCIÓN SISTÉMICA COMO COMPLEMENTO A LA FOTOPROTECCIÓN TÓPICA FRENTE A LA RADIACIÓN SOLAR”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 22 de octubre de 2024

F: .....

Ana Belén Peña AVECILLAS
C.I. **0605694975**