

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**



Actividad fotoprotectora *in vitro* del extracto
hidroalcohólico de las hojas de *Solanum nitidum* R.&P.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
QUÍMICO FARMACÉUTICO

Presentado por el:

Bach. VENEGAS CALLE, Roli

Asesor: ARONÉS JARA, Marco Rolando

AYACUCHO – PERÚ

2023

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

RESOLUCIÓN DECANAL N° 031-2023-FCSA-UNSC/D

BACHILLER: ROLI VENEGAS CALLE

En la ciudad de Ayacucho, siendo las cinco y quince de la tarde del día veinte del mes de enero del año dos mil veintitrés, nos reunimos de forma presencial los docentes miembros del jurado de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, para el acto de sustentación de trabajo de tesis titulado: "Actividad fotoprotectora *in vitro* del extracto hidroalcohólico de las hojas de *Solanum nitidum* R.&P.". Presentado por el bachiller ROLI VENEGAS CALLE para optar el título profesional de Químico Farmacéutico. Los miembros del Jurado de Sustentación conformado por:

Presidente : Prof. José A. Yarleque Mujica

Miembros : Prof. Aldo Tinco Jayo

4to jurado y secretario docente : Prof. Juan C. Paniagua Segovia

Asesor : Prof. Marcos R. Arones Jara

Con el quorum de reglamento se dio inicio la sustentación de tesis, el presidente de la comisión pide al secretario docente dar lectura a los documentos presentados por el recurrente, resolución decanal y algunas indicaciones al sustentante.

Da inicio la exposición el Bachiller: ROLI VENEGAS CALLE, una vez concluida. El presidente de la comisión solicita a los miembros del jurado evaluador realizar sus respectivas preguntas, seguidamente da pase al asesor de tesis Profesor Juan C. Paniagua Segovia, para que pueda aclarar algunas preguntas, interrogantes, aclaraciones.

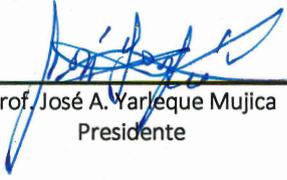
El presidente invita al sustentante abandonar el auditorio para que puedan proceder con la calificación.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN FINAL

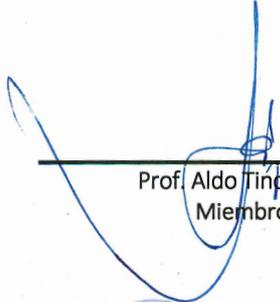
Bachiller: ROLI VENEGAS CALLE

JURADOS	TEXTO	EXPOSICIÓN	PREGUNTAS	P. FINAL
Prof. José A. Yarleque Mujica	16	16	16	16
Prof. Aldo Tinco Jayo	17	17	17	17
Prof. Juan C. Paniagua Segovia	17	17	17	17
Prof. Marcos R. Arones Jara	18	17	17	17
PROMEDIO FINAL				17

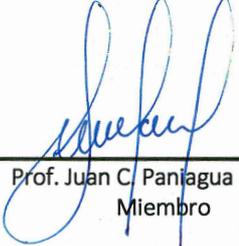
De la evaluación realizada por los miembros del jurado calificador, llegaron al siguiente resultado: Aprobar al Bachiller ROLI VENEGAS CALLE; Quien obtuvo la nota final de diecisiete para la cual los miembros del jurado evaluador firman al pie del presente, siendo las seis y quince de la tarde, se da por concluido el presente acto académico presencial.



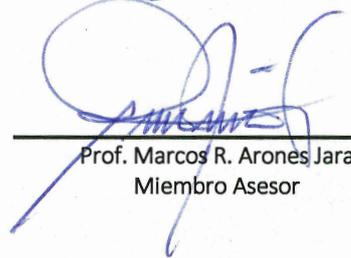
Prof. José A. Varleque Mujica
Presidente



Prof. Aldo Tinco Jayo
Miembro



Prof. Juan C. Paniagua Segovia
Miembro



Prof. Marcos R. Arones Jara
Miembro Asesor

A mi querida Madre,
hermanos y esposa
quienes me brindaron su
apoyo moral y
económico.

AGRADECIMIENTO

La gratitud inmensa a la “Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga”, mi *alma mater*, a la “Facultad de Ciencias de la Salud”, en especial a la “Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica”, que juntamente con la plana de excelentes docentes formadores de futuros profesionales, me inculcaron conocimientos y valores en esta etapa de mi formación profesional.

Al Dr. Q.F. Marco Rolando Aronés Jara, por la asesoría en la realización de esta investigación.

ÍNDICE

	Página
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE	vii
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEORICO	3
2.1. Antecedentes del estudio	3
2.2. Selección de variables para el estudio	6
2.3. Redacción del marco teórico	6
2.3.1. Solanum nitidum R & P.	6
2.3.2. Efectos de la luz UV sobre el organismo	7
2.3.3. Mecanismos de fotoprotección	7
2.3.4. Factor de protección solar	8
2.3.5. Métodos para evaluar el factor de protección solar	8
2.3.6. Metabolitos secundarios y efecto fotoprotector	9
II. MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1. Ubicación del lugar de ejecución	11
3.2. Definición de la población y muestra	11
3.2.1. Población	11
3.2.2. Muestra	11
3.3. Métodos instrumentales para la recolección de datos	11
3.4. Procedimiento para la recolección de datos	11
3.4.1. Preparación del extracto hidroalcohólico	11
3.4.2. Determinación del contenido de fenoles totales	11
3.4.3. Determinación del contenido de flavonoides totales	12
3.4.4. Evaluación de la actividad antioxidante	12
3.4.5. Evaluación <i>in vitro</i> del factor de protección solar del extracto	12

3.5. Tipo de investigación	13
3.6. Análisis de datos	14
IV. RESULTADOS	15
V. DISCUSIÓN	21
VI. CONCLUSIONES	25
VII. RECOMENDACIONES	27
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
IX. ANEXOS	33

ÍNDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 1.	Clasificación taxonómica del <i>Solanum nitidum</i> “ñuñunga”	6
Tabla 2.	Relación en el efecto eritemogénico (EE) versus intensidad de radiación (I) conforme a la longitud de onda (λ).	13
Tabla 3.	Contenido de fenoles totales, flavonoides totales y actividad antioxidante del extracto hidroalcohólico de las hojas de <i>Solanum nitidum</i> R. & P. “ñuñunga”. Ayacucho 2022.	17
Tabla 4.	Factor de protección solar (SPF) <i>in vitro</i> calculado del filtro del extracto de las hojas de <i>Solanum nitidum</i> . Ayacucho 2022.	19
Tabla 5.	Factor de protección solar (SPF) <i>in vitro</i> calculado del filtro solar comercial metoxicinamato. Ayacucho 2022.	20

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Barrido espectral para la evaluación del potencial fotoprotector <i>in vitro</i> del extracto hidroalcohólico de las hojas de <i>Solanum nitidum</i> R & P “ñuñunga”. Ayacucho 2022.	18

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Certificado de identificación taxonómica de <i>Solanum nitidum</i> R. & P. “ñuñunga”. Ayacucho 2017.	35
Anexo 2. Curva de calibración para la determinación de fenoles totales.	36
Anexo 3. Curva de calibración para la determinación de flavonoides totales del extracto hidroalcohólico de las hojas de <i>Solanum nitidum</i> R & P “ñuñunga”. Ayacucho 2022.	37
Anexo 4. Matriz de consistencia	39

RESUMEN

Los compuestos naturales obtenidos de las plantas están siendo valoradas hoy en día como recursos potenciales en la protección solar gracias a su absorción de rayos ultravioleta y su poder antioxidante. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la actividad fotoprotectora del extracto hidroalcohólico de las hojas de *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga”. El extracto se obtuvo por maceración utilizando etanol de 70°. El contenido de fenoles totales (TPC) se realizó por el método de Folin-Ciocalteu expresado como miligramos equivalentes de ácido gálico por gramo de extracto (mg GAE/g). El contenido de flavonoides totales (TFC) se realizó por el método del tricloruro de aluminio expresados como miligramos equivalentes de rutina por gramo de extracto (mg RuE/g). La actividad antioxidante fue evaluada por el método de secuestro del radical libre con 2,2-Diphenil-1-Picrilhidrazilo. El Factor de Protección Solar (FPS) se determinó mediante el método *in vitro* de Mansur. El TPC fue de $162 \pm 1,92$ mg GAE/g y el TFC fue de $21,8 \pm 0,27$ mg RuE/g. La actividad antioxidante del extracto fue de $37,74 \pm 1,05\%$ a una concentración de 250 $\mu\text{g/mL}$, estadísticamente menor al Trolox que reportó un valor de $95,88 \pm 0,44\%$. El FPS del extracto a una concentración de 200 $\mu\text{g/mL}$ de extracto fue de 17,82. Concluimos que el extracto de las hojas de *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga” tiene actividad fotoprotectora solar.

Palabras claves: Fotoprotección, *Solanum nitidum* R. & P., fenoles, flavonoides.

I. INTRODUCCIÓN

La luz UV se divide convencionalmente en UV-A (320-400 nm), UV-B (290-320 nm), UV-C (100-290 nm) y UV al vacío (10-100 nm). Se ha informado que los efectos de los rayos UV-B en la piel humana incluyen eritema (o quemadura solar), envejecimiento cutáneo acelerado e inducción de cáncer de piel¹.

Los filtros solares son productos químicos que nos protegen contra los efectos nocivos de la radiación solar, especialmente de los rayos UV. Los estudios en animales han demostrado que una variedad de protectores solares puede reducir los efectos cancerígenos e inmunosupresores de la luz solar¹. Los compuestos naturales obtenidos de las plantas están siendo valoradas hoy en día como potenciales recursos en la protección solar gracias a la absorción de rayos ultravioleta principalmente en la región UV-B y su poder antioxidante. Los polifenoles del té verde, el extracto de *Aloe barbadensis* y los compuestos aromáticos aislados de los líquenes son ejemplos de sustancias naturales evaluadas por sus propiedades de protección solar^{2,3}. Los antioxidantes de fuentes naturales pueden brindar nuevas posibilidades para el tratamiento y la prevención de enfermedades mediadas por los rayos UV⁴.

El *Solanum nitidum* R. & P., es una variedad que crece de manera natural en zonas altas de áreas andinas de la región Ayacucho. Popularmente se ha utilizado como cicatrizante, analgésico, antipirético y antiespasmódico⁵. Las hojas soasadas se han usado como medicamento para el torticolis y el mal aire. Las hojas molidas se usan como analgésico, en caso de quemaduras, úlceras irritadas y forúnculos⁵.

Así mismo, se ha determinado la acción cicatrizante del extracto atomizado de hojas de *S. nitidum*⁶; así como de una formulación de cremigel elaborado a base de extracto atomizado de *S. nitidum*⁵. De igual manera, se ha evidenciado que *S. nitidum* presenta un importante contenido de fenoles y flavonoides y actividad antioxidante⁷. Así mismo, estudios preliminares de barrido espectral en el rango

UV-Vis, han evidenciado que el extracto hidroalcohólico de *S. nitidum* presenta absorción máxima en el rango de longitudes de onda de 290-320 nm.

La evaluación de la actividad fotoprotectora *in vitro* del extracto hidroalcohólico de *S. nitidum*, se justifica dado que no existen reportes de investigación, así mismo, se sustenta en los antecedentes sobre su importante contenido de fenoles y flavonoides; así como de su actividad antioxidante, que están estrechamente relacionados a su actividad fotoprotectora.

Actualmente existe la necesidad sobre el conocimiento para la prevención de las quemaduras ocasionadas por los rayos UV, es decir la fotoprotección, teniendo en consideración que día a día la exposición a los rayos UV por los individuos es mayor y como consecuencia sufrir daños en la piel y en muchos casos desarrollar cáncer de piel. Por ende, es necesario brindar alternativas desarrolladas en este contexto con un recurso natural que abunda en las zonas altoandinas de nuestra región. De esta manera, se pretende revalorizar la utilización habitual del mencionado vegetal a fin de prevenir los efectos nocivos ocasionados por la exposición prolongada a los rayos UV. El extracto hidroalcohólico se obtuvo utilizando la tecnología de secado por aspersion, mediante el Mini Spray Buchi-290. La evaluación del índice de protección solar se realizó utilizando espectrofotometría UV-VIS.

En ese sentido, en la presente investigación se propuso los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar la actividad fotoprotectora *in vitro* del extracto hidroalcohólico de las hojas de *Solanum nitidum* R. & P. "ñuñunga".

Objetivos específicos

- Evaluar el contenido de fenoles totales, flavonoides totales y actividad antioxidante del extracto hidroalcohólico de hojas de *Solanum nitidum* R. & P. "ñuñunga".
- Determinar el factor de protección solar *in vitro* del extracto hidroalcohólico de hojas de *Solanum nitidum* R. & P. "ñuñunga".

II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes del estudio

Alvarado ²⁵, en el 2021, en la investigación que realizó cuyo objetivo fue “Estudio preliminar y evaluación de la actividad antioxidante de *Solanum pimpinellifolium*”, encontró que el extracto etanólico presentó un alto contenido de fenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu con un valor de $3,53 \pm 0,13$ mg GAE/g. Para determinar la actividad antioxidante utilizó los métodos ABTS y DPPH. El extracto etanólico evidenció un valor de $2,48 \pm 0,43$ equivalentes a Trolox(TEAC)/g de muestra en fruto seco y el extracto etanol-agua evidenció un valor de $2,55 \pm 2,19$ equivalentes a Trolox(TEAC)/g de muestra de fruto seco.

Quizphi ²⁴, en el 2019, en la investigación que efectuó cuyo propósito fue “Evaluación *in vitro* de la actividad fotoprotectora de los extractos alcohólico y glicólico de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad superchola para su uso en la elaboración de un protector solar”, obtuvo valores de FPS de 4,39 y 4,33 para el extracto alcohólico y extracto glicólico respectivamente, por el método de Mansur. También determinó la cantidad de fenoles totales mediante el método de Folin-Ciocalteu utilizando el ácido gálico como patrón de referencia, obteniendo como resultado 37,38 mg GAE/L para el extracto alcohólico y 4,59 mg GAE/L para el extracto glicólico. Llegando a la conclusión de que el extracto presenta una marcada actividad fotoprotectora.

Catelan et al.¹⁰, en el 2019, evaluaron el potencial fotoprotector *in vitro* del extracto etanólico de cuatro especies del género *Campomanesia*. Determinaron que los extractos etanólicos de *C. guazumifolia* (CG), *C. sessiliflora* (CS), *C. xanthocarpa* (CX) y *C. adamantium* (CA) mostraron absorción en las regiones UV-A y UV-B. A concentraciones del 8%, todos los extractos presentaron valores de factor de protección solar (FPS) superiores a 2 y en la concentración de 4% solo CA y CX. Todos los extractos de plantas, solos o en combinación, aumentaron el SPF con la incorporación de metoxicinamato de octilo (MO). Las muestras que presentaron

los valores más altos de SPF contienen la asociación de CA y CX. Concluyeron que la formulación SSPFCX4CA4 presentó valores de SPF > 6, por lo que presentan potencial para productos fotoprotectores o multifuncionales¹⁰.

Berrocal⁷, en el 2018, en su trabajo de investigación cuyo propósito fue valorar la actividad antioxidante, el contenido de fenoles y flavonoides totales de *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga”. Empleó las técnicas espectrofotométricas del 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) y del 2,2-Azinobis3-etil-benzotiazolina-6-ácido sulfónico (ABTS) para valorar la acción antioxidante y las técnicas de Folin-Ciocateau y cloruro de aluminio para medir fenoles totales y flavonoides totales respectivamente. Concluyó que *S. nitidum* presenta un apreciable contenido de fenoles totales y flavonoides.

Milani et al.⁹, en el 2018, evaluaron la eficacia fotoprotectora *in vitro* de una formulación cosmética a base de extracto de *Psidium guajava*. El extracto se estandarizó en base a la concentración de ácido elágico mediante cromatografía líquida de alta resolución. Se verificó la capacidad de aditivo en la eficacia fotoprotectora *in vitro* del extracto de producto de guayaba estandarizado en ácido elágico como resultado de su incorporación en formulaciones cosméticas, comparándolo con un producto estándar. El extracto presentó sinergia con el filtro químico UV (metoxicinamato de etilhexilo) potenciando el factor de protección solar de la fitocosmética en un 17,9%. Además de eso, evidenciaron su actividad antioxidante y la presencia de metabolitos secundarios como fenoles y flavonoides. De acuerdo con los resultados, afirmaron que el extracto de subproductos agroindustriales de la guayaba presenta potencial para ser estudiado y reutilizado, aplicándose en el desarrollo de productos innovadores destinados al cuidado de la fotoprotección.⁹

Fuentes et al.⁸, en el 2017, investigaron la utilidad del SOS Chromotest para seleccionar agentes antígenotóxicos de plantas contra los rayos UV. Eligieron cincuenta extractos de plantas colombianas obtenidos por extracción de fluido supercrítico (CO₂), doce constituyentes de extractos vegetales y cinco agentes antioxidantes y/o fotoprotectores estándares. Determinaron la genotoxicidad y antígenotoxicidad contra los rayos UV utilizando el SOS Chromotest. Ninguno de los extractos, constituyentes o agentes de plantas fue genotóxico en el SOS Chromotest a las concentraciones probadas. Con base en la concentración mínima de extracto que inhibió significativamente la genotoxicidad UV (CIG), cinco extractos de plantas fueron antígenotóxicos contra los rayos UV de la

siguiente manera: *Baccharis nítida*, *Solanum crotonifolium*, *Hyptis suaveolens*, *Persea caerulea* y *Lippia origanoides*. Un análisis de correlación entre las estimaciones de antigenotoxicidad del compuesto y la actividad antioxidante evaluada por el ensayo de capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC) mostró que estas actividades no estaban relacionadas. Se discutió la utilidad del SOS Chromotest para la bioprospección de agentes antigenotóxicos de plantas contra los rayos UV⁸.

Pérez⁵, en el 2015, en la investigación que hace cuyo propósito fue “determinar la actividad cicatrizante del cremigel hecho a base del extracto atomizado de las hojas de *Solanum nitidum* R. & P.”. Concluyó que los preparados de cremigel al 1%, 2% y 4% tuvieron mayor efecto cicatrizante que el Dermaclín plus®. Además, evidenció la presencia de alcaloides, flavonoides, taninos, saponinas, catequinas y quinonas.

Cuadros⁶, en el 2013, en su tesis titulada “Efecto cicatrizante del extracto atomizado de las hojas de *Solanum nitidum* R. & P.” señala que el extracto atomizado contiene metabolitos secundarios como alcaloides, flavonoides, taninos, quinonas, saponinas y catequinas. Asimismo, afirma que el extracto atomizado tiene aspecto de polvo fino homogéneo y de color beige. Llegando a la conclusión de que el extracto atomizado de las hojas de *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga” presenta efecto cicatrizante.

Maske et al.¹, en el 2013, evaluaron la estabilidad química y el factor de protección solar (FPS) *in vitro* del extracto de pétalo de *Rosa kordesii* en una formulación en gel. Se utilizó un método de cromatografía líquida de alta resolución para evaluar la estabilidad química utilizando extracto de *R. kordesii* como marcador a 5 °C, 25 °C y 45°C durante 3 a 4 meses. Los factores de protección solar se analizaron mediante espectrofotometría ultravioleta (UV) utilizando muestras irradiadas con lámpara UVB. Se analizó el factor de protección solar *in vitro* en el extracto de *R. kordesii* y en su formulación en gel y se determinó la fotoestabilidad del extracto aislado de *R. kordesii* y el factor de protección solar (FPS). Este estudio demostró que el gel de extracto de pétalos de *R. kordesii* es estable durante al menos 3 a 4 meses cuando se almacena a 5 °C y 25°C. Su probada actividad de la planta muestra su importancia y utilidad profiláctica en la formulación antisolar, lo que será una alternativa mejor, más barata y segura a los protectores solares químicos dañinos que se utilizan hoy en día en la industria¹.

2.2. Selección de variables para el estudio

Variable independiente

Extracto hidroalcohólico de las hojas de *Solanum nitidum* R. & P. "ñuñunga"

Indicador:

Concentración del extracto hidroalcohólico.

Variables dependientes

Contenido de fenoles totales y flavonoides.

Actividad antioxidante.

Actividad fotoprotectora.

Indicador:

Contenido de compuestos fenólicos: mg GAE/g de extracto, mg RuE/g extracto.

Actividad antioxidante: Porcentaje de actividad antioxidante.

Actividad fotoprotectora: Índice del factor de protección solar (FPS).

2.3. Redacción del marco teórico

2.3.1. *Solanum nitidum* R & P.

Solanum nitidum R. & P. conocido vulgarmente como "ñuñunga", es una clase generalmente herbácea, raramente árboles, que está incluido dentro de la familia de las Solanáceas.

El término "ñuñunga" es un vocablo quechua que traducido al castellano significa senos.¹² *S. nitidum*, crece de forma silvestre en zonas altoandinas. Es común encontrar en zonas de elevación de Bolivia y Perú, asimismo se puede sembrar en huertos por sus cualidades medicinales⁵.

Tabla 1. Clasificación taxonómica del *Solanum nitidum* R & P. "ñuñunga"

DIVISIÓN	:	MAGNOLIOPHITA
CLASE	:	MAGNOLIOPSIDA
SUB CLASE	:	ASTERIDAE
ORDEN	:	SOLANALES
FAMILIA	:	SOLANACEAE
GÉNERO	:	Solanum
ESPECIE	:	<i>Solanum nitidum</i> R & P.
N.V.	:	"ñuñunga"

Certificado emitido por el Herbarium Huamanguensis de la UNSCH 2017 (**Anexo 1**)

De acuerdo al conocimiento etnobotánico, *S. nitidum* ha sido utilizado por nuestros ancestros porque posee múltiples propiedades dentro de la medicina natural. En zonas altoandinas se emplea constantemente como cicatrizante, analgésico, antipirético, y antiespasmódico⁵.

Las hojas tostadas de ñuñunga son beneficiosas para tratar el tortícolis y otros malestares como el mal aire, para lo cual estas se deben colocar en las partes comprometidas. Las hojas machacadas se utilizan como analgésico, en caso de quemaduras, úlceras irritadas, y forúnculos⁵. Las hojas y frutos cocidos se emplean para tratar grietas y llagas leves ocasionados por eventos domésticos⁵. Los baños con hojas hervidas por las noches (30 g/L) son empleados como antipiréticos. Igualmente se utilizan las hojas trituradas (30 g), para disminuir la piresis y atadas al pie para tratar cefaleas. El agua del vegetal cocido causa vértigos intensos y alucinaciones cuando se ingiere⁵.

2.3.2. Efectos de la luz UV sobre el organismo

La piel es uno de los órganos más significativos del hombre que puede sufrir estrés oxidativo a causa de los rayos ultravioleta, los que a su vez se clasifican de acuerdo a su longitud de onda en: UV-A, UV-B y UV-C. De todo este grupo los rayos UV-B son los que generan gran perjuicio biológico en la piel ocasionando estrés oxidativo, esto sucede por la excesiva producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) y se corrige por distintos métodos, como, por ejemplo, El superóxido dismutasa (SOD), el glutatión peroxidasa (GPX), la catalasa que son enzimas endógenas y las vitaminas C y E que forman parte de los métodos exógenos no enzimáticos. Los ROS generan deterioro oxidativo al ADN, lípidos, y proteínas, lo que se refleja en diversas manifestaciones inflamatorias, cáncer, inmunosupresión y perjuicio a la organización de las células¹¹.

El deterioro constante de la capa de ozono hace que ya no haya buena protección natural frente a los rayos ultravioleta (UV) de sol. Y la sobreexposición genera problemas de salud como el cáncer de piel, melanoma, envejecimiento prematuro, cataratas y supresión inmune¹².

2.3.3. Mecanismos de fotoprotección

Existen tres mecanismos para protegernos de los rayos ultravioleta, el físico, el químico y el biológico. La foto protección física lo realizamos utilizando el óxido de zinc, el dióxido de titanio, el carbonato cálcico (mica) y los compuestos de magnesio. Estos actúan a modo de espejo reflejando los rayos solares. Para la fotoprotección química utilizamos sustancias procedentes del ácido p-amino

benzónico (PABA), salicilatos, cinamatos, benzofenonas, bencimidazoles, antralinatos y derivados terpénicos. Estas sustancias absorben la radiación convirtiéndola en no perjudicial. En la fotoprotección biológica se usan las vitaminas A y E, ya que contrarrestan los daños que causan los rayos UV en las células de la piel^{13,14}.

2.3.4. Factor de protección solar

El "Factor de protección solar (FPS) es el resultado de la división entre la dosis eritematogena mínima en una piel protegida por un producto de protección solar y la dosis eritematogena mínima en la misma piel sin proteger", de esto deducimos que el FPS nos indica, el tiempo que la piel protegida puede permanecer expuesta al sol de otra piel no protegida hasta que haya evidencias de eritemas¹³.

La numeración de los filtros solares se utiliza para medir su potencia. El número del protector solar nos informa el tiempo que requiere los rayos solares para generar enrojecimiento en una piel protegida en comparación a una piel sin protección. Por ejemplo, si una persona expuesta al sol demora cinco minutos para que su piel se ponga roja, utilizando una crema con FPS de 10 tendrá que pasar 50 minutos para que se produzca el enrojecimiento. Esto resulta de multiplicar (5 minutos x 10 del FPS)¹⁴.

El continente europeo y España han establecido un sistema llamado COLIPA a fin de estandarizar la medida del FPS. Es una agencia diferente y autónoma del fabricante del producto que se encarga de medir todos los fotoprotectores. En la actualidad 50+ es el máximo valor¹⁴.

2.3.5. Métodos para evaluar el factor de protección solar

Hay diversos métodos para evaluar el FPS estos son:

- El método de la FDA, americano (Federal Drug Association). Apareció en 1978 luego de que se estableciera el primer método estándar que ha sido reformado en muchas situaciones posteriores. Hoy en día es vigente en USA¹⁵.
- El método DIN 67.501, alemán (Deutches Institut für Normung, 1986). Difiere de los demás Tests anunciados por el tipo de lámpara usada, cantidad de producto a aplicar, tratamiento matemático estadístico, etc. Ya no se usa hoy en día el método COLIPA lo desplazó¹⁵.
- El método SAA, australiano (Standards Association of Australia). Es un híbrido entre el método FDA y el método DIN. Sigue en vigencia en el continente australiano hoy en día¹⁵.

- El método COLIPA, europeo creado en octubre de 1994. Es la asociación europea de fabricantes de cosméticos y perfumería. Su sede queda en Bruselas¹⁵.

2.3.6. Metabolitos secundarios y efecto fotoprotector

Los **compuestos fenólicos** tienen importante capacidad antioxidante, porque son sensibles a ser oxidados. También poseen la propiedad de impedir que los metales catalicen reacciones de oxidación. Esto se debe a que los grupos oxidrilos que poseen al encontrarse unidos a un anillo bencénico, específicamente la dupla del átomo de oxígeno, tenga la capacidad de interactuar con electrones del anillo, haciendo que tenga cualidades a los demás alcoholes. Por su naturaleza aromática, revelan intensa absorción en la región UV del espectro, siendo este el método espectral especialmente importante para su identificación¹⁶.

Los **flavonoides** están constituidos por dos anillos aromáticos (A y B) y un heterocíclico (C) y se diferencian por los sustituyentes que pueden ser hidroxilos o metoxilos¹⁷. La actividad antioxidante que poseen los flavonoides es gracias a los sustituyentes dihidroxilados en las posiciones C3' y C4' del anillo B. "La evidencia del enlace doble entre los átomos de carbono C2 y C3, un grupo hidroxilo libre en C3 y un grupo carbonilo en C4 poseen interés biológico y farmacológico, como es el caso de la quercetina"¹⁷. "La actividad antioxidante de los flavonoides es debido a sus propiedades quelantes de átomos de hierro y el secuestro de los radicales libres. Se afirma que dicha cualidad está relacionada con una geometría plana, porque facilita una deslocalización mayor de los electrones mediante los anillos"¹⁸.

Los **flavonoides** son pigmentos naturales que se encuentran en vegetales, semillas y frutas que poseen la capacidad de proteger frente a agentes oxidantes provocados por los rayos UV y otros elementos del medio ambiente¹⁹. Estos metabolitos secundarios son pigmentos no fotosintéticos que poseen efectos de fotoprotección en las plantas y actúan como filtros solares. De esto se deduce que pueden proteger a las células de la piel humana²⁰. El efecto fotoprotector de los flavonoides está dado por la concentración de electrones deslocalizados que tiene en los anillos bencénicos de su estructura química, lo que facilita el traslado de la energía. Los anillos bencénicos absorben la radiación UV-B, la misma que es altamente energética y responsable de la formación de radicales libres¹⁹.

Los polifenoles tienen anillos bencénicos que absorben los rayos UVB, de esta forma protegen a las unidades celulares contra el daño oxidativo mediante la eliminación de estos radicales libres²⁰. La actividad antioxidante de los polifenoles es gracias a la interacción con iones metálicos tanto *in vitro* como *in vivo*. El motivo fundamental para la generación de especies reactivas de oxígeno (EROS) son los iones metálicos que desempeñan un rol significativo en la generación de estrés oxidativo, daños en el ADN y muerte celular²⁰. Las células responden a los polifenoles por interacción directa con receptores o enzimas implicadas en la transducción de señales primordialmente, lo que puede traducirse en una alteración el estado redox de la célula y desencadenar una serie de reacciones²⁰.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del lugar de ejecución

Esta investigación se llevó a cabo en el “Centro de Desarrollo, Análisis y Control de Calidad de Medicamento y Fitomedicamentos de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga” en la región de Ayacucho en el Perú.

3.2. Definición de la población y muestra

3.2.1. Población. Hojas de *Solanum nitidum* recolectadas del Bosque de Piedras de Huaraca del distrito de Vinchos de la provincia de Huamanga de la región de Ayacucho.

3.2.2. Muestra. 500 gramos de hojas de *Solanum nitidum* recolectadas del Bosque de Piedras de Huaraca del distrito de Vinchos de la provincia de Huamanga de la región de Ayacucho.

3.3. Métodos instrumentales para la recolección de datos

Para la recolección de datos en la evaluación de la fotoprotección se empleó un método espectrofotométrico en el rango UV, con el objetivo de calcular el índice de factor de protección solar.

3.4. Procedimiento para la recolección de datos

3.4.1. Preparación del extracto hidroalcohólico

Las hojas de *Solanum nitidum* fueron secados mediante liofilización en un liofilizador LABOTEC operado a -42°C y 0,013 mbar por el tiempo de 48 horas. El extracto se obtuvo utilizando como solvente de extracción etanol de 70°. El extracto se obtuvo mediante maceración dinámica a 100 rpm a temperatura ambiente por el tiempo de 24 horas. El extracto se filtró y fue secado mediante aspersion haciendo uso del Atomizador Mini Spray Buchi-290.

3.4.2. Determinación del contenido de fenoles totales

La determinación del contenido de fenoles totales (TPC) en el extracto se realizó utilizando el reactivo Folin-Ciocalteu (RFC) según lo descrito por Sousa et al.²¹.

Las concentraciones han sido calculadas a partir de la curva patrón de ácido gálico y el TPC fue expresado en miligramos equivalentes de ácido gálico por gramo de extracto seco (mg GAE/g).

3.4.3. Determinación del contenido de flavonoides totales

Para determinar el contenido de flavonoides totales (TFC) se empleó el método del Tricloruro de Aluminio. Para lo cual se preparó una muestra de 2 mg/mL en etanol de 50° y se transfirió 2mL a un tubo de ensayo, se adicionó 0,5 mL de reactivo cloruro de aluminio al 2% y luego 2,5mL de alcohol 50°. Se dejó reposar por 30 minutos y se midió la absorbancia a 415 nm²¹.

El contenido de flavonoides totales se expresó como mg equivalente a rutina por gramo de extracto atomizado (RUE mg/g) a partir de la curva de calibración de rutina. Para ello se pesó 1 mg de rutina, el cual se disolvió con 2,5 mL de metanol y se aforó a un volumen de 25 mL con etanol de 50°. A partir de la solución madre de rutina se pipeteo alícuotas de 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32 µL, se adicionó 0,5 mL del reactivo cloruro de aluminio al 2%, y luego se enrazó con alcohol de 50°. Se dejó reposar 30 minutos y se midió las absorbancias a 415 nm.

3.4.4. Evaluación de la actividad antioxidante

La actividad antioxidante se evaluó por el método de secuestro del radical libre (DPPH), según lo descrito por Sousa et al.²¹. Se preparó la curva estándar de DPPH 1 a 40 µg/mL, y para la determinación de la actividad antioxidante se prepararon soluciones de 25; 50; 100; 150; 200 y 250 µg/mL. Para la reacción, se tomaron alícuotas de 300 µL de cada solución y se adicionaron 2,7 mL de solución de DPPH (40 µg/mL), transcurrido 30 minutos se midió la absorbancia a 515nm, calibrando el espectrofotómetro con el blanco (300 µL de agua y 2,7 mL de DPPH). La actividad antioxidante se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\%AA = [(A_c - (A_m - A_b)) / (A_c)] \times 100$$

Donde: AA (%) es el porcentaje de actividad antioxidante; Ac es la absorbancia del control; Am es la absorbancia de la muestra y Ab es la absorbancia del blanco

3.4.5. Evaluación *in vitro* del factor de protección solar del extracto

El factor de protección solar (FPS) del extracto hidroalcohólico de las hojas de *Solanum nitidum* "ñuñunga" se determinó en base al método espectrofotométrico *in vitro* descrito por Mansur et al.²². Este ensayo se realizó diluyendo el extracto en alcohol de 70° hasta obtener una concentración de 20 µg/mL, para ello se pesó 5 mg de cada muestra en un fiola aforada de 10 mL, luego se aforó con etanol de 70°, se agitó y transfirió a un tubo de ensayo para llevar a centrifugar por 5

minutos, se tomó 0,2 mL de la muestra centrifugada y transvasó a una fiola de 5 mL enrazando con alcohol de 70°. La medición de las absorbancias se realizó por triplicado, empleando el espectrofotómetro (rango de 190 a 800 nm, con intervalo de 1 nm), se utilizó una cubeta de cuarzo de 1 cm. Este método determina el SPF en el rango UVB (290 a 320 nm).

El FPS se calculó de acuerdo con la ecuación desarrollada por Mansur et al.

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

Donde: FPS es el Factor de protección Solar; FC es el factor de corrección; EE (λ) es el efecto eritemógeno de la radiación de longitud de onda λ ; I (λ) es la intensidad de sol en la longitud de onda λ ; A (λ) es la absorbancia de la solución en la longitud de onda λ .

La relación entre el efecto eritemogénico y la intensidad de la radiación de cada longitud de onda ($EE(\lambda) \times I(\lambda)$) es una constante determinada por Sayre et al. (Tabla 2).

Tabla 2. Relación en el efecto eritemogénico (EE) versus Intensidad de radiación (I) conforme a la longitud de onda (λ)

λ (nm)	(EE) x (I)
290	0,0150
295	0,0817
300	0,2874
305	0,3278
310	0,1864
315	0,0839
320	0,0180

Fuente: Sayre (1979)

3.5. Tipo de investigación

Aplicada.

3.5.1. Diseño de investigación

Diseño experimental con post prueba únicamente y grupo de control²³.

G _{exp}	X	FPS _{exp}
G _{cont}	-	FPS _{cont}

Donde: G_{exp} es el grupo experimental (extracto); G_{cont} es el grupo control (filtro metoxicinamato); X es la concentración de extracto con y sin metoxicinamato; O es la observación (FPS, factor de fotoprotección)

3.6 Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron procesados y analizados mediante el programa Microsoft Excel y expresados en promedios, representados en gráficas. Se realizó el análisis de varianza para observar diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) del factor de fotoprotección de los diferentes tratamientos, aplicándose ANOVA y comparaciones múltiples con el Test de Tukey, empleando el programa SPSS.

IV. RESULTADOS

Tabla 3. Contenido de fenoles totales, flavonoides y capacidad antioxidante del extracto hidroalcohólico atomizado de las hojas de *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga”. Ayacucho 2022.

Fenoles totales (mg GAE/g)	Flavonoides totales (mg RuE/g)	Actividad antioxidante (AA%)			
		100 µg/mL	150 µg/mL	200 µg/mL	250 µg/mL
162 ± 1,92	21,8 ± 0,27	16,77 ± 2,76	23,94 ± 0,12	30,50 ± 0,24	37,74 ± 1,05

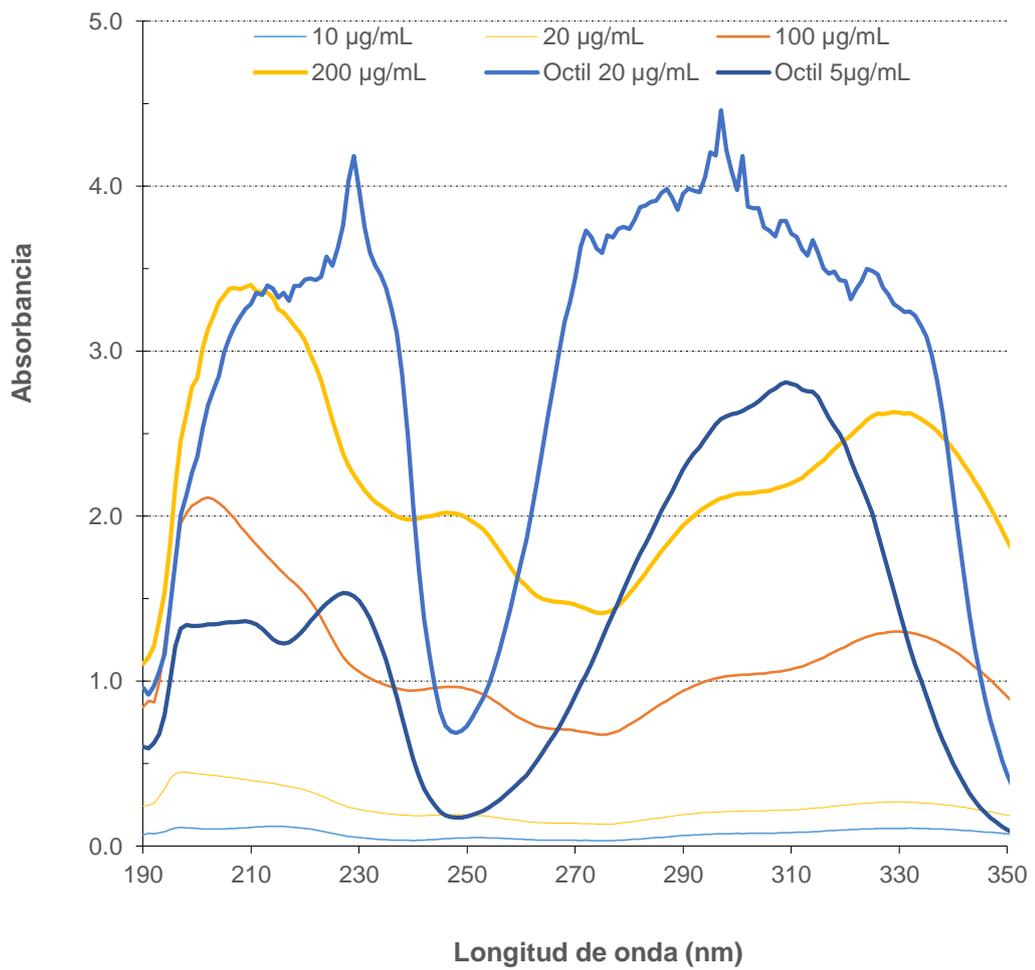


Figura 1. Barrido espectral para la evaluación del potencial fotoprotector *in vitro* del extracto de hojas de *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga”. Ayacucho 2022.

Tabla 4. Factor de protección solar (FPS) *in vitro* calculado del filtro del extracto de las hojas de *Solanum nitidum* R. & P. Ayacucho 2022.

λ (nm)	EE x I (normalizado)	Absorbancia				FPS			
		10 $\mu\text{g/mL}$	20 $\mu\text{g/mL}$	100 $\mu\text{g/mL}$	200 $\mu\text{g/mL}$	10 $\mu\text{g/mL}$	20 $\mu\text{g/mL}$	100 $\mu\text{g/mL}$	200 $\mu\text{g/mL}$
290	0,015	0,06	0,19	0,94	2,07	0,00	0,00	0,01	0,03
295	0,0817	0,07	0,20	1,01	2,13	0,01	0,02	0,08	0,17
300	0,2874	0,08	0,21	1,04	2,15	0,02	0,06	0,30	0,62
305	0,3278	0,08	0,21	1,05	2,20	0,03	0,07	0,34	0,72
310	0,1864	0,08	0,22	1,07	2,31	0,02	0,04	0,20	0,43
315	0,0839	0,09	0,23	1,13	2,47	0,01	0,02	0,09	0,21
320	0,018	0,10	0,25	1,21	2,47	0,00	0,00	0,02	0,04
	1,0002					0,08	0,22	1,05	2,23
						0,64	1,72	8,43	17,82

EE: espectro de eficiencia eritemal; I: espectro de la intensidad solar simulada.

Tabla 5. Factor de protección solar (FPS) *in vitro* calculado del filtro solar comercial metoxicinamato. Ayacucho 2022.

λ (nm)	EE x I (normalizado)	Absorbancia				SPF			
		5 $\mu\text{g/mL}$	20 $\mu\text{g/mL}$	100 $\mu\text{g/mL}$	200 $\mu\text{g/mL}$	5 $\mu\text{g/mL}$	20 $\mu\text{g/mL}$	100 $\mu\text{g/mL}$	200 $\mu\text{g/mL}$
290	0,015	2,28	3,95	4,80	4,80	0,03	0,06	0,07	0,07
295	0,0817	2,51	4,21	4,32	4,32	0,21	0,34	0,35	0,35
300	0,2874	2,63	3,98	4,66	4,66	0,75	1,14	1,34	1,34
305	0,3278	2,73	3,75	4,04	4,04	0,89	1,23	1,33	1,33
310	0,1864	2,80	3,71	4,10	4,10	0,52	0,69	0,76	0,76
315	0,0839	2,72	3,60	3,88	3,88	0,23	0,30	0,33	0,33
320	0,018	2,43	3,43	3,72	3,72	0,04	0,06	0,07	0,07
	1,0002					2,68	3,83	4,24	4,24
						21,46	30,64	33,96	33,96

EE: espectro de eficiencia eritemal; I: espectro de la intensidad solar simulada.

V. DISCUSIÓN

Esta investigación tuvo como objetivo principal evaluar la actividad fotoprotectora del extracto hidroalcohólico atomizado de las hojas de *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga”.

En la actualidad se está dando mucha importancia a las plantas con propiedades antioxidantes y fotoprotectoras, debido a su absorción de los rayos en la región UV-B e impidiendo que dañen las células de nuestro cuerpo sobre todo la piel. Estas propiedades que posee la planta son debido a la gran concentración de metabolitos secundarios como son los terpenos, las flavonas, los carotenoides, las catequinas y las antocianinas quienes actúan como filtros solares naturales. El extracto atomizado de las hojas de *Solanum nitidum* tuvo un aspecto de polvo fino homogéneo de color beige, con lo cual se confirma la información reportada por Cuadros⁶.

En el estudio que realizó Berrocal⁷ sobre el extracto atomizado de *Solanum nitidum* por el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, encontró que la cantidad de fenoles totales y flavonoides fue de $177 \pm 0,42$ mg equivalentes de ácido gálico por gramo de extracto seco (mg EAG/g) y $45 \pm 0,13$ mg equivalentes de rutina por gramo de extracto seco (ERu/g), en el estudio que se realizó respecto al mismo objetivo obtuvimos resultados (Tabla 3) menores en la determinación de fenoles totales y flavonoides totales y estos fueron $162 \pm 1,92$ (mg EAG/g) y $21,8 \pm 0,27$ mg (ERu/g) de esto deducimos que los metabolitos secundarios de las plantas se encuentran en mayores concentraciones en algunas partes y en menor concentración en otras. También depende de la estación del año de la madurez de la planta y el cuidado que se debe tener al momento de analizar la muestra y los reactivos.

El símbolo \pm en la determinación de fenoles totales y flavonoides representa el error estándar de la media, que indica la dispersión de las repeticiones, o sea la

variabilidad, cuanto más grande es el valor mayor es la dispersión. También nos da la idea del valor máximo y mínimo probabilístico.

La coloración azul que se obtuvo durante la cuantificación de fenoles totales por el método Folin-Ciocalteu, fue porque el reactivo de Folin-Ciocalteu, reacciona con los compuestos fenólicos en medio alcalino y su intensidad depende del contenido de fenoles en la muestra. Exactamente porque las sustancias fenólicas se oxidan en medio alcalino formando O_2^- que luego reaccionan con el molibdato formando MoO_4^+ dando una coloración azul medida a 760 nm. Este método no es selectivo, pero determina compuestos polifenólicos y monofenólicos.

La actividad fotoprotectora es debida al contenido de compuestos fenólicos. Sobre todo, a los flavonoides que se encuentran en mayor concentración.

Los flavonoides son los responsables directos de la absorción de los rayos UV-B esto lo hacen mediante la inhibición quimioluminiscencia que le otorga actividad fotoprotectora. En este estudio como en otras investigaciones, se puede observar que el contenido de flavonoides ha sido menor que el contenido de los fenoles, esto se debe a que los fenoles engloban a los flavonoides, quinonas, ácidos fenólicos y demás compuestos fenólicos. En la determinación de flavonoides por el método del tricloruro de aluminio, las muestras presentaron un color amarillo, esto se debió a que el catión aluminio forma complejos estables con el flavonoide en presencia de etanol evitando la interferencia de otras sustancias fenólicas.

La capacidad o actividad antioxidante que se obtuvo del extracto hidroalcohólico atomizado de las hojas de *Solanum nitidum* R. & P. "ñuñunga", fue de $37,74 \pm 1,05\%$ a una concentración de 250 $\mu\text{g/mL}$ de extracto, este valor es estadísticamente menor al Trolox que reportó un valor de $95,88 \pm 0,44\%$; esto significa que el extracto presenta actividad antioxidante menor que el control Trolox.

En la Figura 1, se puede observar los barridos espectrales que se hicieron a la solución de la muestra (extracto) a concentraciones de 20; 100 y 200 $\mu\text{g/mL}$ y a la solución del estándar octyl metoxicinamato a concentraciones de 5; 10 y 20 $\mu\text{g/mL}$; los mismos que han sido leídos en el espectrofotómetro a longitudes de onda desde 190 a 350 nm, estas lecturas se hicieron con la finalidad de ver a que longitudes de onda tienen mayor absorbancia. En nuestro caso para evaluar el potencial fotoprotector nos interesó las absorbancias en las longitudes de onda de 290 a 320 nm según el método *in vitro* de Mansur et al. De esto afirmamos que

las muestras tienen valores máximos de absorbancia en el rango de 295 a 320nm y que el método de Mansur et al., es verídico.

El factor de protección solar (FPS) *in vitro* que se determinó en el extracto hidroalcohólico de las hojas de *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga” a concentración de 200 µg/mL fue 17,82 como valor máximo (Tabla 4), este valor es mucho mayor que el factor de protección solar *in vitro* (FPS) del extracto de pétalo de *Rosa kordesii* que es de 5, 5 en una formulación en gel, que lo menciona Maske et al.¹.

Asimismo, el FPS obtenido del extracto de *Solanum nitidum* es muy superior a lo que determinaron Catelan et al.¹⁰ en los extractos etanólicos de cuatro especies del género *Campomanesia*: *C. guazumifolia* (CG), *C. sessiliflora* (CS), *C. xanthocarpa* (CX) y *C. adamantium* (CA) ya que a concentración de 8%, todos los extractos presentaron valores de factor de protección solar (FPS) superiores a 2 y en la concentración de 4% solo CA y CX.

Si comparamos este resultado del FPS del extracto de *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga” que es de 17,82 con el FPS del metoxicinamato que es de 33,96; podemos afirmar que el metoxicinamato tiene un FPS mayor que el extracto.

De todo lo estudiado deducimos que el extracto hidroalcohólico de las hojas de *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga” presenta importante actividad fotoprotectora, y sería bueno llevarlo a una formulación en crema cosmética, determinar su estabilidad química y finalmente usarlo.

En la actualidad para medir la capacidad fotoprotectora de sustancias, el índice más reconocido es el factor de protección solar (FPS). El factor de protección solar mediante el método *in vitro* de Mansur et al, en este estudio se determina porque nos permite controlar mejor las condiciones de medición, es estandarizado, además con este método no exponemos al sol de forma directa la piel humana y es el más utilizado en investigaciones como esta¹⁹. En investigaciones realizadas a cremas comerciales para determinar el valor real de sus FPS, deducimos que este método de Mansur et al, tiende a subestimar el FPS. Asimismo, percibimos que existe mejor correlación entre el FPS estimado por este método y el fijado en fotoprotectores comerciales con FPS menores a 30¹⁹. De esto concluimos que el método *in vitro* de Mansur estima de mejor manera FPS menores a 30; y en sustancias con FPS mayores, esta estimación puede diferir notoriamente del valor real. La razón de determinar el efecto

fotoprotector en esta especie *Solanum* es gracias a la presencia de compuestos fenólicos en mayores concentraciones¹⁹.

VI. CONCLUSIONES

1. El contenido de fenoles totales en el extracto hidroalcohólico de *Solanum nitidum* R. & P. fue $162 \pm 1,92$ mg GAE/g de extracto y el contenido de flavonoides totales fue $21,8 \pm 0,27$ mg RuE/g de extracto. El porcentaje de actividad antioxidante del extracto fue de $37,74 \pm 1,05\%$ a una concentración referencial de $250 \mu\text{g/mL}$.
2. El factor de protección solar (FPS) *in vitro por el* método de Mansur et al. fue $17,82$ a una concentración referencial de $200 \mu\text{g/mL}$.

VII. RECOMENDACIONES

- Efectuar extracciones de compuestos con actividad antioxidante mediante otros métodos.
- Incentivar a la investigación profunda esta especie *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga” a tesisistas o estudiantes egresados a fin de poder identificar individualmente los metabolitos responsables del efecto farmacológico sé que es un poco complejo, pero no imposible.
- Efectuar investigaciones clínicas y farmacológicas a fin de valorar la seguridad y eficacia del extracto hidroalcohólico de las hojas del *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga”.
- Implementar un ambiente de investigación específica para los egresados y tesisistas a fin de que puedan agilizar los pasos y optimizar el tiempo en su ejecución de proyectos de investigación.
- Llevar el extracto hidroalcohólico de las hojas del *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga” a una formulación en base crema determinar el FPS y realizar estudios de estabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Maske PP, Lokapure SG, Nimbalkar D, Malavi S, D'souza JI. In vitro determination of sun protection factor and chemical stability of Rosa kordesii extract gel. J Pharm Res. 2013; 7(6): 520–4. doi:10.1016/j.jopr.2013.05.021
2. Melnikova VO, Ananthaswamy HN. Cellular and molecular events leading to the development of skin cancer. Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis. 2005; 571(1–2): 91–106. doi:10.1016/J.MRFMMM.2004.11.015
3. Bonina F, Lanza M, Montenegro L, Puglisi C, Tomaino A, Trombetta D, et al. Flavonoids as potential protective agents against photo-oxidative skin damage. Int J Pharm. 1996; 145(1–2): 87–94. doi:10.1016/S0378-5173(96)04728-X
4. F'guyer S, Afaq F, Mukhtar H. Photochemoprevention of skin cancer by botanical agents. Photodermatol Photoimmunol Photomed. 2003; 19(2): 56–72. doi:10.1034/j.1600-0781.2003.00019.x
5. Pérez Solier IF. Actividad cicatrizante del cremigel elaborado a base del extracto atomizado de las hojas de Solanum nitidum R. & P. “ñuñunga”, Ayacucho - 2014 [Internet] [Tesis pregrado]. [Ayacucho]: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; 2015 [cited 2021 Nov 11].
6. Cuadros De La Cruz J. Efecto cicatrizante del extracto atomizado de las hojas de Solanum nitidum R. & P. “ñuñunga” en ratas Wistar, Ayacucho 2012. [Ayacucho]: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; 2013.
7. Berrocal S. Contenido de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante de Solanum nitidum R. & P. “ñuñunga”, Ayacucho 2018. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. 2018; .
8. Fuentes JL, García Forero A, Quintero Ruiz N, Prada Medina CA, Rey Castellanos N, Franco Niño DA, et al. The SOS Chromotest applied for screening plant antigenotoxic agents against ultraviolet radiation. Photochemical & Photobiological Sciences. 2017; 16(9): 1424–34. doi:10.1039/C7PP00024C
9. Milani LPG, Garcia NOS, Morais MC, Dias ALS, Oliveira NL, Conceição EC. Extract from byproduct Psidium guajava standardized in ellagic acid: additivation of the in vitro photoprotective efficacy of a cosmetic formulation.

- Revista Brasileira de Farmacognosia. 2018; 28(6): 692–6.
doi:10.1016/j.bjp.2018.08.005
10. Catelan TBS, Gaiola L, Duarte BF, Cardoso CAL. Evaluation of the in vitro photoprotective potential of ethanolic extracts of four species of the genus *Campomanesia*. *J Photochem Photobiol B*. 2019; 197: 111500. doi:10.1016/j.jphotobiol.2019.04.009
 11. Olarte M, Sánchez SH, Aréchiga CF, Bañuelos R, Ramírez ED, López A. Daño y respuesta celular en piel por exposición prolongada a radiación UV. *Revista ANACEM*. 2015; 9(1): 44–51.
 12. EPA. Efectos de la radiación UV en la salud. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. 2022.
 13. Garrote A. Fotoprotección. 2008; 27.
 14. Garrido Torrecillas FJ. ¿Qué son los fotoprotectores? *Salud y Familia*. 2014.
 15. Farmaconsejos. Determinación del FPS [Internet]. 2015 [cited 2021 Oct 1].
 16. Peñarrieta JM, Tejeda L, Mollinedo P, Vila JL, Bravo JA. Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos. *Revista Boliviana de Química*. 2014; 31(2): 68–81.
 17. Quiñones M, Miguel M, Aleixandre A. Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutr Hosp*. 2012; 27(1): 76–89.
 18. Medina Huamán KD, Echaiz Veliz M de los M. Actividad antioxidante y fotoprotectora UVB in vitro de una crema dermocosmética elaborada con el extracto acuoso liofilizado del tubérculo de *Dioscorea trifida* Lf (sacha papa morada). 2019.
 19. Santamaría Tapia AS. Evaluación de la actividad fotoprotectora in vitro de extractos de *Passiflora manicata* (Juss.) Pers. [Pre grado]. [Ecuador]: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2016.
 20. Abderrahim F, Huanatico E, Segura R, Arribas S, Gonzalez MC, Condezo-Hoyos L. Physical features, phenolic compounds, betalains and total antioxidant capacity of coloured quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) from Peruvian Altiplano. *Food Chem*. 2015; 183: 83–90. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2015.03.029

21. Sousa CM de M, Silva HR e, Vieira GM, Ayres MCC, da Costa CLS, Araújo DS, et al. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. *Quim Nova*. 2007; 30(2): 351–5. doi:10.1590/S0100-40422007000200021
22. Moya Cahuana TM, Osorio Oscco RI. Actividad fotoprotectora de formulación tópica a base del extracto hidroalcohólico de *Fragaria vesca* L.(fresa). 2017.
23. Hernández Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio P. Metodología de la investigación. 5a ed. México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. DE C.V.; 2010.
24. Qhizhpi, N. Evaluación *In vitro* de la actividad fotoprotectora de los extractos alcohólicos y glicólicos de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad superchola para su uso en la elaboración de un protector solar. Ecuador – 2019 [internet] [tesis pregrado]. [Ecuador]: Universidad Politécnica Salesiana. Sede Cuenca 2019 [cited 2022 Oct 25]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17968>
25. Alvarado E. Estudio fitoquímico preliminar y evaluación de la actividad antioxidante de *Solanum pimpinellifolium*. Universidad Técnica Particular de Loja. [internet] [tesis pregrado] 2021. [cited 2022 Oct 25]. Disponible en: <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/20.500.11962/29340>

ANEXOS

Anexo 1. Certificado de identificación de *Solanum nitidum* R. & P. "ñuñunga".
Ayacucho 2017.



EL JEFE DEL HERBARIUM HUAMANGENSIS DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
CRISTÓBAL DE HUAMANGA

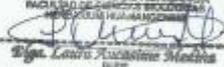
C E R T I F I C A

Que, el Centro de Desarrollo, Análisis y Control de Calidad de Medicamentos
y Fito medicamentos "Marco A. Garrido Malo ", ha solicitado la identificación
de una muestra vegetal para trabajo de Investigación.
Dicha muestra ha sido estudiada y determinada según el Sistema de Clasificación
de Cronquist. A. 1988. y es como sigue:

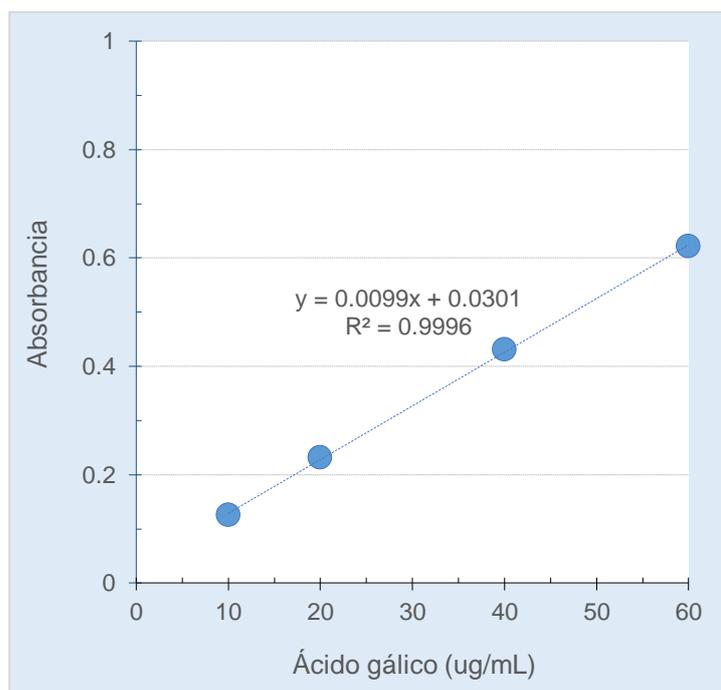
DIVISIÓN	:	MAGNOLIOPHYTA
CLASE	:	MAGNOLIOPSIDA
SUB CLASE	:	ASTERIDAE
ORDEN	:	SOLANALES
FAMILIA	:	SOLANACEAE
GENERO	:	Solanum
ESPECIE	:	<i>Solanum nitidum</i> R. & P.
N.V.	:	"ñuñunga"

Se expide la certificación correspondiente a solicitud del interesado para
los fines que estime conveniente.

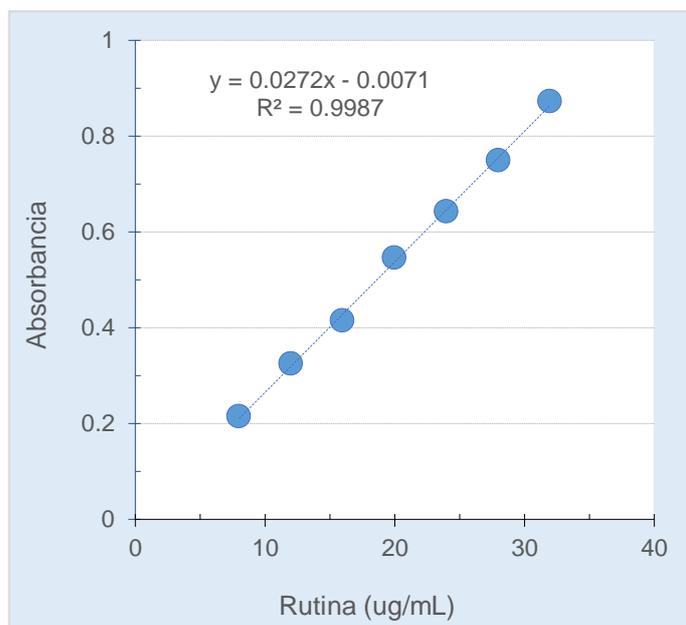
Ayacucho, 07 de Setiembre del 2017


Dr. Luis Francisco Meléndez
JEFE

Anexo 2. Curva de calibración para la determinación de fenoles totales del extracto hidroalcohólico de las hojas de *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga” Ayacucho 2022.



Anexo 3. Curva de calibración para la determinación de flavonoides totales del extracto hidroalcohólico de las hojas de *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga” Ayacucho 2022.



Anexo 8. Matriz de consistencia

Título: Determinación *in vitro* del factor de protección solar del extracto hidroalcohólico de las hojas de *Solanum nitidum* R. & P.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿Tendrá actividad fotoprotectora <i>in vitro</i> el extracto hidroalcohólico de <i>Solanum nitidum</i> R & P "ñuñunga"?	<p>Objetivo general:</p> <p>Evaluar la actividad fotoprotectora <i>in vitro</i> del extracto hidroalcohólico de las hojas de <i>Solanum nitidum</i> R. & P. "ñuñunga"</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar el contenido de fenoles totales, flavonoides totales y actividad antioxidante del extracto hidroalcohólico de las hojas de <i>Solanum nitidum</i> R & P "ñuñunga". • Determinar el factor de protección solar <i>in vitro</i> del extracto hidroalcohólico de las hojas de <i>Solanum nitidum</i> R. & P "ñuñunga". 	<p>Hi: El extracto hidroalcohólico de las hojas de <i>Solanum nitidum</i> R & P "ñuñunga" tiene actividad fotoprotectora <i>in vitro</i>.</p> <p>Ho: El extracto hidroalcohólico de las hojas de <i>Solanum nitidum</i> R & P "ñuñunga" no tiene actividad fotoprotectora <i>in vitro</i>.</p>	<p>Variable independiente</p> <p>Extracto hidroalcohólico de las hojas de <i>Solanum nitidum</i> R.& P.</p> <p>Indicador:</p> <p>Concentración del extracto</p> <p>Variables dependientes</p> <p>Contenido de fenoles totales</p> <p>Contenido de flavonoides totales</p> <p>Actividad antioxidante</p> <p>Actividad fotoprotectora</p> <p>Indicador:</p> <p>Contenido de fenoles totales: mg GAE/g de extracto</p> <p>Contenido de flavonoides totales: mg RuE/g de extracto</p> <p>Actividad antioxidante: Porcentaje de actividad antioxidante</p> <p>Actividad fotoprotectora: Índice del factor de protección solar (FPS)</p>	<p>Tipo de investigación</p> <p>Aplicada.</p> <p>Definición de la población y muestra</p> <p>a) Población. Hojas de <i>Solanum nitidum</i> recolectadas del Bosque de Piedras de Huaraca del distrito de Vinchos, provincia de Huamanga, Ayacucho.</p> <p>b) Muestra. 500 gramos de hojas de <i>Solanum nitidum</i> recolectadas del Bosque de Piedras de Huaraca del distrito de Vinchos, provincia de Huamanga, Ayacucho.</p> <p>Métodos instrumentales para la recolección de datos</p> <p>Para la recolección de datos en la evaluación de la fotoprotección se empleará el espectrofotómetro UV, con el objetivo de calcular el índice de factor de protección solar.</p> <p>Análisis estadístico</p> <p>Los datos obtenidos serán procesados y analizados mediante el programa Microsoft Excel y expresados en promedios, representados en gráficas. Se realizará el análisis de varianza para identificar diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) del factor de fotoprotección <i>in vitro</i> de los diferentes tratamientos, aplicándose ANOVA y comparaciones múltiples con el Test de Tukey, empleando el programa SPSS.</p>

**UNSCH****FACULTAD DE
CIENCIAS DE LA SALUD****ESCUELA PROFESIONAL DE
FARMACIA Y BIOQUÍMICA****DOCENTES INSTRUCTORES
DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO**

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD PRIMERA INSTANCIA DE TRABAJO DE TESIS

El suscrito docente – instructor responsable de operativizar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de tesis de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica designado por Resolución Decanal N° 0331 – 2022 – UNSCH – FCSA/D de fecha 03 de junio de 2022, deja constancia que el trabajo de tesis titulado: “ **Actividad fotoprotectora *in vitro* del extracto hidroalcohólico de las hojas de *Solanum nitidum* R.&P.**”

Autor: Bach. Roli VENEGAS CALLE

Asesor: Profesor Marco Rolando ARONÉS JARA

Ha sido sometido al análisis del sistema antiplagio TURNITIN concluyendo que presenta un porcentaje de **28 % de Índice de Similitud.**

Por lo que, de acuerdo con el porcentaje establecido en el Artículo 13 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga es procedente conceder **la Constancia de Originalidad en Primera Instancia.**

Ayacucho, 18 de noviembre de 2022

Firmado
digitalmente por
Mg Enrique Javier
AGUILAR FELICES

Fecha:
2022.11.18
18:11:20 -05'00'

Mg. Enrique Javier AGUILAR FELICES
Docente – Instructor



UNSCH

FACULTAD DE
CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA PROFESIONAL DE
FARMACIA Y BIOQUÍMICA



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD SEGUNDA INSTANCIA:
TESIS DE PREGRADO

(17-2022-EPFB-UNSCH)

La que suscribe, directora de escuela y docente instructor en segunda instancia de Tesis de Pregrado, luego de verificar la originalidad de la tesis de la Escuela profesional de Farmacia y bioquímica de la Facultad de Ciencias de la Salud, deja constancia que el trabajo de tesis titulado:

Actividad fotoprotectora *in vitro* del extracto hidroalcohólico de las hojas de *Solanum nitidum* R.&P.”

Presentado por El: Bach. VENEGAS CALLE, Roli.

Ha sido sometido al análisis mediante el sistema TURNITIN concluyendo que presenta un porcentaje de **28% índice de similitud.**

Por lo que, de acuerdo con el porcentaje establecido en el Artículo 13° del Reglamento de Originalidad de Trabajos de investigación de pregrado de la UNSCH, **ES PROCEDENTE** conceder la Constancia de originalidad en segunda instancia.

Ayacucho, 21 de noviembre del 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
CRISTÓBAL DE HUAMANGA
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

Mg. Maricela López Sierralta
DIRECTORA

Docente. Instructor
Segunda instancia

cc.
Archivo.

Actividad fotoprotectora in vitro del extracto hidroalcohólico de las hojas de *Solanum nitidum* R.&P."

por Roli Venegas Calle,

Fecha de entrega: 21-nov-2022 08:07a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1960282441

Nombre del archivo: TESIS_2022_ROLI_VENEGAS141122.pdf (523.29K)

Total de palabras: 8428

Total de caracteres: 42962

Actividad fotoprotectora in vitro del extracto hidroalcohólico de las hojas de Solanum nitidum R.&P.”

INFORME DE ORIGINALIDAD

28%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

20%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	10%
2	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	8%
3	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	2%
4	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	www.scielosp.org Fuente de Internet	1%
6	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	eprints.ucm.es Fuente de Internet	1%

9

docs.bvsalud.org

Fuente de Internet

1 %

10

familiaysalud.es

Fuente de Internet

1 %

11

Submitted to Universidad Politecnica
Salesiana del Ecuador

Trabajo del estudiante

1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo