

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA



**“Actividad fotoprotectora del extracto hidroalcohólico de los tubérculos
de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav. “mashua negra” en ratones”**

Tesis para optar el título profesional de:
Químico Farmacéutico

Presentado por:
Bach. Marlene Quispe Mendoza

Asesor:
Dr. Edwin Carlos Enciso Roca

Ayacucho - Perú

2024

Para mi hijo Thiago y mi papito que
estuvieron siempre presente.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por acogerme en sus instalaciones en mi formación profesional.

A la Facultad de Ciencias de la Salud y Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, para los docentes por guiarme, compartir sus conocimientos y experiencias.

Al Dr. Q.F. Edwin Carlos Enciso Roca, por su colaboración para que el presente trabajo de investigación se realice.

ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes de estudio	3
2.2. Bases teóricas	5
2.2.1. <i>Tropaeolum tuberosum</i> R.&P.	5
2.3. Metabolitos secundarios con actividad fotoprotectora	8
2.4. Radicales libres	9
2.5. Estrés oxidativo	10
2.6. Antioxidantes	10
2.7. Radiación ultravioleta (UV) y sus efectos en la salud	11
2.8. Fotoprotectores	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1. Lugar	15
3.2. Población	15
3.3. Muestra	15
3.4. Unidad experimental	15
3.5. Tipo de investigación	15
3.6. Procedimiento para la recolección de datos	16
3.7. Determinación de la actividad antioxidante	16
3.8. Evaluación de la actividad fotoprotectora	18
3.9. Diseño experimental	19
3.10. Análisis de datos	20
IV. RESULTADOS	21
V. DISCUSIÓN	25
VI. CONCLUSIONES	31
VII. RECOMENDACIONES	33
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
ANEXOS	41

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Variedades de <i>Tropaeolum tuberosum</i> R&P “mashua”, según el color del tubérculo	6
Tabla 2. Antocianinas, glucosinolatos aromáticos e isotiocianatos del tubérculo de <i>Tropaeolum tuberosum</i> R&P “mashua”.	7
Tabla 3. Porcentaje de compuestos químicos y elementos minerales presentes en el tubérculo de <i>Tropaeolum tuberosum</i> R&P “mashua”.	8
Tabla 4. Clasificación de los antioxidantes según su origen	11
Tabla 5. Categorías de las radiaciones	11
Tabla 6. Formulación de las cremas fotoprotectoras	18
Tabla 7. Diseño de investigación	20
Tabla 8. Porcentaje de la actividad secuestradora de los radicales libres DPPH y ABTS del extracto hidroalcohólico del tubérculo de <i>Tropaeolum tuberosum</i> R&P “mashua negra”.	22

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Núcleo de un flavonoide	9
Figura 2. Tiempo de aparición de la DEM frente a las cremas a base del extracto hidroalcohólico del tubérculo de <i>Tropaeolum tuberosum</i> R&P “mashua negra”.	23
Figura 3. Factor de Protección Solar (FPS) por efecto de los tratamientos de las cremas elaboradas a base del extracto hidroalcohólico del tubérculo <i>Tropaeolum tuberosum</i> R&P “mashua negra”.	24

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Certificado de clasificación taxonómica	43
Anexo 2. Estructuras químicas base de las antocianinas	44
Anexo 3. Antocianinas del tubérculo de <i>Tropaeolum tuberosum</i> R&P “mashua”	45
Anexo 4. Glucosinolatos del tubérculo de <i>Tropaeolum tuberosum</i> R&P “mashua”	47
Anexo 5. Isotiocianatos del tubérculo de <i>Tropaeolum tuberosum</i> R&P “mashua”	48
Anexo 6. Tubérculos de <i>Tropaeolum tuberosum</i> R&P “mashua negra”.	49
Anexo 7. Flujograma del procedimiento para la recolección de datos.	50
Anexo 8. Obtención de la muestra seca <i>Tropaeolum tuberosum</i> R&P “mashua negra negra”.	51
Anexo 9. Obtención del extracto hidroalcohólico.	52
Anexo 10. Flujograma del ensayo de DPPH.	53
Anexo 11. Procedimiento para realizar el ensayo de DPPH.	54
Anexo 12. Estructura química del trolox	55
Anexo 13. Mecanismo del secuestro del radical libre DPPH	56
Anexo 14. Curva de calibración del porcentaje de la actividad secuestradora del radical libre DPPH.	57
Anexo 15. Flujograma del ensayo de ABTS.	58
Anexo 16. Procedimiento para realizar el ensayo de ABTS	59
Anexo 17. Mecanismo de secuestro del radical libre ABTS	60
Anexo 18. Curva de calibración del porcentaje de la actividad secuestradora del radical libre ABTS.	61
Anexo 19. Formula de la crema base lanette	62
Anexo 20. Proceso de elaboración de las cremas.	63
Anexo 21. Evaluación de la actividad fotoprotectora de las cremas	64
Anexo 22. Análisis de varianza del porcentaje de la actividad secuestradora del radical libre DPPH.	65
Anexo 23. Prueba de Tukey del porcentaje de la actividad secuestradora del radical libre DPPH.	66

Anexo 24.	Análisis de varianza del porcentaje de la actividad secuestradora del radical ABTS.	67
Anexo 25.	Prueba de Tukey del porcentaje de la actividad secuestradora del radical ABTS.	68
Anexo 26.	Análisis de varianza de la dosis eritematosa mínima (DEM).	69
Anexo 27.	Prueba de Tukey de la dosis eritematosa mínima (DEM).	70
Anexo 28.	Análisis de varianza del Factor de Protección Solar (FPS).	71
Anexo 29.	Prueba de Tukey del Factor de protección Solar (FPS).	72
Anexo 30.	Matriz de consistencia	73

RESUMEN

Tropaeolum tuberosum R&P es una especie de origen andino, cuyo tubérculo es valorado por sus propiedades alimenticias y terapéuticas; y como fuente potencial de antioxidantes con actividad fotoprotectora. Por tanto, se planteó como objetivo evaluar la actividad fotoprotectora del extracto hidroalcohólico de los tubérculos de *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua negra” en ratones, con una muestra recolectada en el distrito de Morochucos (Cangallo). Se utilizaron los métodos de DPPH y ABTS para evaluar su actividad antioxidante; y para la actividad fotoprotectora se empleó el Factor de Protección Solar (FPS), según el método de The European Cosmetics Association (COLIPA) *in vivo*, para el cual, se trabajó con 36 ratones de cepa Balb/c, divididos en 6 grupos; Grupo I: blanco; Grupo II: Radiación UV + crema base; Grupo III, IV y V: radiación UV + crema 5, 10 y 15%; Grupo VI: Radiación UV + crema Isdín 50®. El porcentaje de inhibición del DPPH fue 16,69%; 46,93% y 78,21%, mientras que, para el ABTS fue 25,89%; 76,72% y 91,28%, a las concentraciones de 1; 5 y 10 mg/mL del extracto hidroalcohólico, respectivamente ($p < 0,05$). La crema al 15% presentó un FPS de 2,76; semejante a la crema Isdín 50® (FPS = 3,13) ($p > 0,05$). Se concluye, que el extracto hidroalcohólico de los tubérculos de *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua negra”, presentaron actividad fotoprotectora.

Palabras clave: *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua negra”, actividad antioxidante, factor de protección solar.

I. INTRODUCCIÓN

El uso a base de productos de origen natural se está incrementando, especialmente con aquellas que presentan propiedades funcionales, que favorezcan la disminución del riesgo de aparición de diversas enfermedades. *Tropaeolum tuberosum* R&P, reúne estas características, porque contiene compuestos bioactivos como son los glucosinolatos, antocianinas y compuestos fenólicos en sus diversas variedades, en especial la variedad negra, el cual, presenta un alto poder antioxidante y contenido de compuestos fenólicos.¹

Las enfermedades dermatológicas aparecen por múltiples razones, una de ellas es la excesiva exposición a los rayos UV, que puede desencadenar el cáncer de piel.² Se afirma que los rayos UV originan varios efectos ya sea directos o indirectos sobre la piel, en tal sentido, se estima que el 50% del daño producido por los rayos UV se debe a los radicales libres.³

El uso de protectores solares es recomendado por profesionales de la salud, para poder proteger a la piel de los posibles daños de la radiación ultravioleta, por tal motivo, existen en el mercado muchos productos para la protección solar que se suponen, no presentan ningún problema para la salud⁴, pero la estabilidad y seguridad de los filtros UV e inclusive los procedimientos para la evaluación de la capacidad fotoprotectora está en continua evaluación.⁵

Se han realizado estudios *in vitro*, como también *in vivo* con los principios activos de varias especies vegetales, demostrando tener efecto fotoprotector frente a la radiación UV, por lo que hoy en día, se incluye como un componente de las cremas solares, debido la demanda por tratamientos de origen natural.⁶ En otras investigaciones afirman que los cosméticos a base de componentes herbales, es la más recomendable para la piel hiperalérgica, porque no producen irritación. Los dermatólogos a menudo prescriben productos cosméticos para el tratamiento de

la quemadura solar. Los productos cosméticos naturales son fáciles de usar y son más asequibles.⁷

Por tanto, el tubérculo de *T. tuberosum* R&P “mashua”, podría ser una fuente natural de estos compuestos fotoprotectores, porque tiene muchos compuestos bioactivos y presenta múltiples propiedades terapéuticas.⁸ Los resultados de esta investigación, servirían como evidencia para la utilización de una crema a base del extracto hidroalcohólico del tubérculo como protector solar, así como, para su incorporación en preparados farmacéuticos dermatológicos, para las personas que tienen la piel muy sensible, a pesar de la existencia de otros productos en el mercado, como alternativa para protección sola, el cual, siguen siendo limitadas.⁸ En tal sentido, este estudio estaría favoreciendo a la población con un producto mucho más seguro y confiable.

Esta investigación, incentivará a otros a realizar más estudios científicos, para que puedan expandir los beneficios acerca del tubérculo de esta especie. Al mismo tiempo, se promoverá su revalorización de su cultivo e industrialización, porque se podría considerar, como una especie prometedora para la industria farmacéutica y cosmética.

Por estas consideraciones se planteó el presente estudio, teniendo como objetivos:

Objetivo general:

Evaluar la actividad fotoprotectora del extracto hidroalcohólico de los tubérculos de *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua negra” en ratones.

Objetivos específicos:

- Determinar la actividad antioxidante *in vitro* del extracto hidroalcohólico de los tubérculos por los métodos de DPPH y ABTS.
- Determinar el factor de protección solar (FPS) de las cremas elaboradas a base de extracto hidroalcohólico de los tubérculos.
- Comparar el factor de protección solar de las cremas elaboradas a base del extracto hidroalcohólico de los tubérculos con el estándar Isdín 50®.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

Thayná y col.⁹ precisaron la multifuncionalidad del extracto metanólico de *Mitracarpus frigidus* (Willd.) K. Schum para actividades antioxidantes, fotoprotectoras y antiinflamatorias, utilizando el método de Mansur y de la European Cosmetic, Toiletry and Perfumery Association (COLIPA) para evaluar la actividad fotoprotectora *in vitro*. Obteniendo por el método de Mansur un Factor de Protección Solar (FPS) bajo y por el método de COLIPA la crema al 5% presentó un FPS de $8,61 \pm 0,49$. Además determinaron el contenido de flavonoides por el método espectrofotométrico, presentando $102,46 \pm 5,66$ mg/g equivalente de rutina. Concluyeron, que la crema al 5% del extracto metanólico de las partes aéreas de *Mitracarpus frigidus* (Willd.) K. Schum presentó actividad fotoprotectora.

Mejía y col.¹⁰, estudiaron la capacidad antioxidante de tubérculos, hojas y tallos de *Tropaeolum tuberosum* R&P y *Ullucus tuberosus*, para el cual, emplearon un extracto etanólico al 50% v/v y la capacidad antioxidante por los métodos de 1,1 – difenil – picril – hidrazilo (DPPH) y 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS). Las hojas y tallos evidenciaron mayor actividad antioxidante que los tubérculos, siendo más relevante con el ensayo del ABTS. Concluyeron, que las hojas, tallos y tubérculos presentaron capacidad antioxidante.

Chirinos y col.¹¹ investigaron las propiedades antioxidantes de los extractos fenólicos del mashua (*Tropaeolum tuberosum* R&P) frente al daño oxidativo mediante ensayos biológicos *in vitro*, evaluando la capacidad antioxidante por el método de Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC), evidenciaron que la inhibición de la oxidación de LDL para el extracto purificado de mashua tuvo un

29,1% y 34,8%. Concluyeron, que los compuestos fenólicos de mashua son capaces de eliminar los radicales peroxilo y quelar los iones *in vitro*.

Cazorla¹², desarrolló la actividad fotoprotectora del maracuyá (*Passiflora edulis* Sims), Ishpingo (*Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm) en Fototipos III para la elaboración de un protector solar. Utilizó el método de eficacia de productos solares de COLIPA, evidenciando que las cremas presentaron un pH de 5,4 - 5,9; viscosidad de 50 – 60 cp y extensibilidad de 4,1 – 4,5 mm. *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm presentó un FPS de 8, mientras que, *Passiflora edulis* Sims fue de 4 y la combinación de ambas, fue de 6. Concluyendo, que las cremas elaboradas a base de ambas especies presentaron actividad fotoprotectora.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Ruiz y Sifuentes¹³, realizaron la evaluación *in vitro* de la fotoprotección del extracto de las hojas de *Passiflora edulis* Sims “maracuyá”, utilizando el FPS *in vitro* del método de Mansur. El extracto hidroalcohólico presentó un efecto fotoprotector alto con un FPS 14,59 según COLIPA. Concluyeron, que el extracto de las hojas presentó actividad fotoprotectora *in vitro*.

Díaz¹⁴, determinó el contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del extracto hidroalcohólico del tubérculo de “mashua morada” (*Tropaeolum tuberosum* R&P), utilizando el método de Folin-Ciocalteu y de DPPH, respectivamente. El contenido de compuestos fenólicos fue 779,14 µg GAE/mL de extracto y la actividad antioxidante obtuvo una IC₅₀ de 146,46 µg/mL, respectivamente. Concluyó, que el tubérculo contiene compuestos fenólicos con capacidad antioxidante.

Uribe¹⁵, realizó la actividad antioxidante del extracto etanólico del tubérculo de *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua negra”, empleando el método de DPPH, evidenciando la presencia de carbohidratos, taninos, flavonoides, antocianinas y compuestos fenólicos, en la actividad antioxidante tuvo 1190,19 µg equivalente a Trolox/g de extracto. Arribó a la conclusión, que *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón presentó actividad antioxidante.

2.1.3. Antecedentes regionales

Yance¹⁶, desarrolló la actividad fotoprotectora de la crema elaborada a base del extracto hidroalcohólico atomizado de las hojas de *Satureja brevicalyx* Epling “wayra muña”. Utilizó el método de COLIPA *in vivo*, empleando 8 tratamientos con 5 repeticiones en cada uno, las cuales fueron sometidos a una fuente de luz UV,

determinando que, la crema al 16% mostró un tiempo de 27 minutos en la aparición de la Dosis Eritematosa Mínima (DEM) y un FPS de 3,5. Concluyendo, que la crema presentó actividad fotoprotectora.

Riojas¹⁷, realizó la investigación, actividad antioxidante y polifenoles del extracto hidroalcohólico de tres ecotipos del tubérculo de *Tropaeolum tuberosum* R. & P. “mashua”. Empleó el método de DPPH, ABTS para la actividad antioxidante y Folin Ciocalteu para fenoles totales en “yana puca muru”, “yana rosado ñahui”, “qello” de 121,19; 118,19; 86,61 mg EAG/100 g, respectivamente, mientras que la actividad antioxidante con el DPPH presentó un IC₅₀ de 127,44; 154,66; 184,64 µg/mL; y para el ABTS presentó un IC₅₀ de 121,19; 118,19; 86,61 mg EAG/100 g de extracto, respectivamente. Llegó a la conclusión, que los extractos de los ecotipos presentaron actividad antioxidante y polifenoles totales.

Vilchez¹⁸, determinó *in vitro* la actividad antioxidante del extracto hidroalcohólico del tubérculo de *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua negra” de cuatro zonas productoras de la región Ayacucho, empleando el método de Folin Ciocalteu para la determinación de fenoles totales y el método de DPPH para la actividad antioxidante. Evidenció la presencia de taninos, flavonoides, lactonas, glicósidos cardiotónicos, saponinas, quinonas, esteroides y antocianinas. El contenido de fenoles totales para las muestras procedentes de Vinchos, Anchacchuasi, Anco, Tambo fueron 0,52; 12,78; 7,56 y 29,45 EAG/g de extracto, respectivamente. Asimismo, demostraron una actividad antioxidante de 92,5; 91,8; 90,8 y 89,6 µg/mL respectivamente. Concluyó, que el extracto hidroalcohólico de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón “mashua negra” de las cuatro zonas productoras presentaron actividad antioxidante.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. *Tropaeolum tuberosum* R. & P.

2.2.1.1. Clasificación taxonómica

DIVISIÓN	: MAGNOLIOPHYTA
CLASE	: MAGNOLIOPSIDA
SUB CLASE	: ROSIDAE
ORDEN	: GERANIALES
FAMILIA	: TROPAEOLACEAE
GÉNERO	: TROPAEOLUM
ESPECIE	: <i>Tropaeolum tuberosum</i> R&P

N.V. : “mashua negra”

Fuente: constancia realizada por la Bióloga Laura Aucasime Medina especialista en taxonomía (Anexo 1).

2.2.1.2. Distribución y hábitat

Tiene un hábitat con distribución natural, desde el norte de Argentina hasta Colombia, encontrándose en mayor cantidad en los países de Perú y de Bolivia, desde los 2400-4300 m s.n.m.⁸

2.2.1.3. Descripción botánica

Planta herbácea, anual, glabra en todas sus partes. Tiene crecimiento lineal al principio después es semiprostrado, presenta pecíolos táctiles. Hojas brillantes, alternas, peltadas de 3 a 5 lóbulos. Sus flores son solitarias, zigomorfas. Presenta un fruto esquizocarpo, semilla botánica viable.¹⁹ Los tubérculos presentan una forma cónica alargada que miden de 5 a 15 cm, presentan yemas profundas, colores variados amarillo, morado, blanco, gris y negro. Tiene una textura arenosa.²⁰ Se ha reconocido en el Perú más de 100 variedades de mashua. Existen varios colores de las especies actuales de *Tropaeolum tuberosum* R&P Esta variación de color se debe al color de la piel como también al color de la pulpa. El nombre de la variedad depende de la coloración que presente el tubérculo.²¹ (Tabla 1).

Tabla 1. Variedades de *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua”, según el color del tubérculo.²¹

Nombre	Color del tubérculo
Occe año	Plomizo
Yana-año	Negro
Checche-año	Gris
Ckello-año	Amarillo
Muru-año	Morado
Puca-año	Rojo

2.2.1.4. Composición química del tubérculo

Se ha reportado la presencia de aminos, lactonas, saponinas, taninos, flavonoides, glicósidos cardiotónicos, quinonas, esteroides y quinonas. Destacan

principalmente las antocianinas, glucosinolatos aromáticos e isotiocianatos²² (Tabla 2 y Anexos 2, 3 ,4 y 5). Asimismo, diversos compuestos químicos y minerales²³(Tabla 3).

Tabla 2. Antocianinas, glucosinolatos aromáticos e isotiocianatos del tubérculo de *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua”.^{24, 25}

Tipo de compuesto	Descripción
Antocianinas	Delfinidina 3-soforosido-5-ramnósido
	Cianidina 3- soforosido-5-ramnósido,
	Delfinidina 3-soforosido-5-acetilramnósido
	Delfinidina 3-glucósido-5-acetilramnósido
	Pelargonidina 3-soforosido
	Pelargonidina 3-soforosido-5-ramnósido
	Cianidina, 3-rutinósido
	Cianidina 3-soforosido
	Cianidina 3-soforosido-5-ramnósido
	Delfinidina 3-glucósido
Delfinidina 3-glucósido-5-ramnósido	
Glucosinolatos aromáticos	Glucoputranjivina (2-propil GL)
	Glucococlearina (2-butil GL)
	Glucolimnatina (m-metoxibencil GL)
	Glucoaubrietina (p-metoxibencilGL)
	Glucotropeolina (bencil GL)
Glucosinalbina (p-hidroxibencil GL)	
Isotiocianatos	Isotiocianato de p-metoxibencilo
	Bencilo isotiocianato
	Isotiocianato de 2-propilo
	Isotiocianato de 2-butilo
	N,N-di(p-metoxibencil)tiourea

Tabla 3. Porcentaje de compuestos químicos y elementos minerales presentes en el tubérculo de *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua”.²³

Compuestos químicos y elementos minerales	%
Proteínas	9,17
Carbohidratos	75,4
Fibra	5,86
Calcio	0,06
Potasio	1,99
Hierro	0,42
Fosforo	0,32
Magnesio	0,11
Manganeso	7,0
Zinc	48,0
Cobre	9,0
Sodio	0,04
Almidón	46,96
Azúcares totales	42,81

2.2.1.5. Usos medicinales tradicionales

Presenta varios usos, como antiinflamatorio, analgésico, normalizador de funciones celulares y regeneración celular, tónico diario.¹⁷ La población suele utilizar el tubérculo para los tratamientos antiinflamatorios de la próstata, también por sus propiedades protectoras hacia el hígado y riñón, ayuda a calmar los dolores genitourinarios, combate la anemia, mejora la agudeza visual, reumatismo y antidiabético.^{22, 23}

2.3. Metabolitos secundarios con actividad fotoprotectora

Entre ellas tenemos a los terpenos, flavonas, carotenoides, catequinas y antocianinas.²⁶

a. Terpenos

Estos forman parte del grupo fitoquímico más difundido. Presentan un origen biosintético común, procediendo de la condensación del isopreno (2-metil-1,3-butadieno).²⁷

b. Flavonoides

Estas se distinguen por su nivel de oxidación del anillo pirano. De acuerdo con la sustitución o la posición de su anillo bencénico en el anillo pirano. Pueden ser catequinas, auronas, flavononas, flavonas, flavanonoles, flavonoles, chalconas y antocianinas (Anexo 2). Son de bajo peso molecular y comparten un esqueleto en común de difenilpiranos.²⁸ (figura 1).

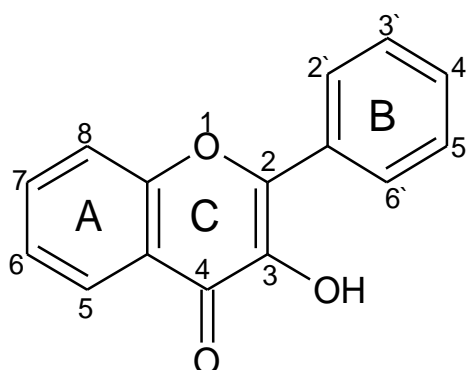


Figura 1. Núcleo de un flavonoide.²⁸

c. Carotenoides

Los carotenoides visto químicamente son tetraterpenos formados por unidades múltiples de isopreno con un anillo ciclohexano sustituido e insaturado en cada extremo. Existen dos tipos, uno las xantofilas que presentan oxígeno en sus anillos terminales y otros que no contienen oxígeno en sus terminales. Estas son pigmentos liposolubles que son sintetizados por las plantas, algas y también por bacterias fotosintéticas. Tienen capacidad de actuar como provitamina A.²⁹

2.4. Radicales libres

Son átomos o grupo de átomos que presentan un electrón desapareado, por ende, son altamente reactivos por lo general captan un electrón con el propósito de alcanzar su estabilidad. Al terminar de sustraer el electrón que necesita, la molécula estable se convierte en radical libre, empezando de tal manera una reacción en cadena que van destruyendo las células. El radical libre presenta una vida media de microsegundos, pero reacciona con todo lo que está a su alrededor, produciendo daño a células, membranas celulares y tejidos. Estas reacciones se

dan siempre en nuestro organismo, este proceso debe ser controlado con un adecuado agente antioxidante.³⁰

2.5. Estrés oxidativo

Cuando se incrementa el contenido intracelular de ERO (especies reactivas de oxígeno) y supera las defensas antioxidantes, se genera el estrés oxidativo, por lo cual se produce daño a las proteínas, ácidos nucleicos y los lípidos. Este estrés oxidativo se presenta en varios estados patológicos, en la cual se distorsiona la funcionalidad celular, en tal sentido desarrollando enfermedades degenerativas.³⁰

2.5.1. Especies reactivas de oxígeno (ERO)

El término ERO se emplea en las moléculas radicales y no radicales y son sustancias oxidantes y son fácil de convertir en radicales. En los últimos años se logró recabar evidencia manifestando que se puede afirmar que los radicales libres y las especies reactivas tienen una importancia en el equilibrio homeostático. El oxígeno es el principal responsable de la producción de ERO, porque es una molécula oxidante, las células lo emplean en su metabolismo. Pero no todas son de origen endógena; la radiación solar, pesticidas, toxinas fúngicas, estas incrementan su nivel. En su mayoría las células eliminan el oxígeno en la formación de agua sin la formación de toxinas, otros en menor porcentaje eliminan en tres compuestos tóxicos, dos de ellos son radicales libres el anión superóxido y el hidroxilo. Otro gran oxidantes de fuente de ERO son los metabolismos de células defensivas como son los polimorfonucleares, los macrófagos, eosinófilos. Los oxidantes también provienen del exterior, como metabolismo de ciertas sustancias, como son la contaminación ambiental, luz solar, radiaciones ionizantes, elevada concentración de oxígeno.³⁰

2.6. Antioxidantes

Estas son capaces de retrasar o inhibir la oxidación de sustancias que son susceptibles al ataque de las ERO. Antioxidantes exógenos ingresan a través de los alimentos, visto de otro modo son los más importantes.³¹

Los antioxidantes pueden ser enzimáticos o no. Se clasifican en exógenos (ingresan por la dieta) y endógenos (están en el organismo sintetizados por células).³² (Tabla 4).

Tabla 4. Clasificación de los antioxidantes según su origen .^{17, 32}

Origen	Acción
1. Exógenos	
Vitamina E	Neutraliza el oxígeno singlete Captura de radicales libres hidroxilos Captura oxígeno Neutraliza peróxidos
Vitamina C	Neutraliza el oxígeno singlete Captura de radicales libres hidroxilos Captura oxígeno Regenera la forma oxidada de la vitamina E
Betacarotenos	Neutraliza el oxígeno singlete
Fenoles	Neutralizan a los radicales hidroxilos
2. Endógenos	
Enzimáticos	
Superoxido dismutasa (SOD)	Cofactor Cobre, sodio, magnesio
Catalasa (CAT)	Hierro
Glutación peroxidasa (GPx)	Selenio
No enzimáticos	
Glutación	Barreras fisiológicas que enfrenta el oxígeno a su paso desde el aire hasta las células
Coenzima Q	
Ácido tioctico	Trasportadores de los metales

2.7. Radiación ultravioleta (UV) y sus efectos en la salud

El sol emite energía a la tierra, pero solo el 6 a 7% pertenecen a radiación ultravioleta (UV), el cual, es una energía invisible que tiene una longitud de onda entre 100 a 400 nm y es clasificada en 3 categorías (UV-C, UV-B y UV-A) (Tabla 5), asimismo, si la longitud de onda es más corta, es más dañina.³³

Tabla 5. Categorías de las radiaciones.³³

Categorías	Longitud de onda
UV-A	320 a 400 nm
UV-B	280 a 320 nm
UV-C	100 a 280 nm

La radiación solar viaja por la atmósfera antes que llegue a la superficie, en este recorrido la radiación UV-C y el 90% de UV-B son absorbidas por gases como el ozono, oxígeno, vapor de agua, dióxido de carbono, por otra parte, la radiación UV-A se absorbe poco durante este proceso. Debido a lo mencionado anteriormente, la radiación que llega a la superficie en un 95% está conformado por la UV-A y un 5% de la UV-B. Las personas al exponerse demasiado tiempo a

la luz solar pueden desencadenar muchos problemas de salud en la piel, la vista y el sistema inmunitario. Una de ellas son las quemaduras, que es la más común de la excesiva exposición a la radiación UV, durante el tiempo esta puede desencadenar cambios a nivel celular de la piel, del tejido fibroso y vasos sanguíneos, que se convierte en el envejecimiento de la piel o el cáncer, esta se puede manifestar con lunares, manchas, úlceras. La radiación UV también produce daño ocular como queratitis actínica.³³

A. Radiación UV-A (320-400 nm)

Es la forma menos dañina de los rayos UV y llega a la tierra en mayor cantidad, estos rayos penetran el tejido conectivo, causando la inmunosupresión y lesiones crónicas provocadas por la luz, como el envejecimiento de la piel, oscurecimiento. También es responsable de la aparición de los radicales libres y de reacciones fototóxicas y fotoalérgicas (fotodermatosis poliforme).³³

B. Radiación UV-B (280-320 nm)

Esta radiación llega a la Tierra muy atenuada, esta se debe por la capa de ozono y está entre 280 y 320 nm. Esta radiación que llega es dañina, puesto que reduce el crecimiento de las plantas, en el ser humano una exposición excesivamente prolongada ocasiona problemas de salud, uno de ellos son daños a nivel de la piel como quemaduras simples produciéndose eritema solar, o en otras situaciones mutaciones del ADN de las células cutáneas que puede convertirse en cáncer de piel, esta puede aparecer varios años más adelante, porque este tipo de radiación es absorbida por el ADN dérmico que penetra las capas celulares más profundas de la epidermis. Otro problema sería la disminución de la eficacia del sistema inmunológico, por lo que aumenta las infecciones, reduciendo la eficacia de las vacunas, puesto que la radiación UV-B actúa como inmunodepresor local, dando como resultado daño de las células de Langerhans, esta es responsable de la presentación de antígenos en la epidermis.³³

C. Radiación UV-C (100-280 nm)

Esta es la más dañina de todos los rayos UV, puesto que es energética, esta radiación es absorbida por la capa de ozono, el oxígeno en la estratosfera por ende no llega a la superficie. En pequeñas cantidades de rayos UV son beneficiosas para la salud, como la síntesis dérmica de la vitamina D, se emplea bajo supervisión médica en tratamientos como el raquitismo, eczema y psoriasis.³³

2.8. Fotoprotectores

En los inicios, los fotoprotectores se emplearon para contrarrestar los efectos de los rayos UV, hoy en día, es empleado para poder mitigar los efectos crónicos y la disminución de carcinomas de piel y la disminución de dímeros de pirimidinas y la inmunosupresión cutánea. La FDA (Food and Drug Administration) avaló la creación del FPS, como la técnica para la valoración de la eficacia de los protectores solares contra las quemaduras solares. Si un protector solar es de amplio espectro UVA, debe proteger en una longitud de onda de 370 nm como mínimo y la pigmentación tardía debe tener una protección UVA superior a cuatro.³⁴

2.8.1. Mecanismo de acción de los fotoprotectores

Los filtros solares pueden ser químicos y no químicos. En lo que se refiere a los químicos su componente activo es el carbono y en los no químicos son inorgánicos ósea sin carbono. Los protectores no químicos tienen un agente pigmentario que forma una capa visible sobre la piel. Su mecanismo de acción se produce en dos procesos, una de dispersión y otra de absorción. Los protectores solares presentan sustancias que actúan con los dos procesos.³⁴

Dispersión

Esta sucede cuando los rayos ultravioleta chocan contra una pantalla o película que hace que se desvíe su trayectoria, provocando que se disipe en el medio.³⁴

Absorción

En este proceso las moléculas del protector solar absorben la radiación ultravioleta. Este proceso implica la incorporación de energía a la estructura del protector. El fotón es absorbido hasta llegar a la piel y es conducido en forma de calor. En EEUU, los filtros son considerados como fármacos y es vigilado por la FDA y en Europa, cumplen con las normas para fármacos y cosméticos, las cuales son reguladas por COLIPA.³⁴

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar

El estudio se ejecutó en el laboratorio de Toxicología de la EP de Farmacia y Bioquímica de la UNSCH, durante los meses de enero a febrero del 2023.

3.2. Población

Constituido por tubérculos de *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua negra”, cultivadas y cosechadas en el distrito de Morochucos (Cangallo – Ayacucho), ubicada a 3330 m.s.n.m.

3.3. Muestra

Tres kilogramos de tubérculos colectadas en el mes de febrero del 2023. El tipo de muestreo fue por conveniencia. Una parte de la muestra fue llevada a la Bióloga Laura Aucasime para su identificación y consiguiente clasificación taxonómica (**Anexo 1**).

3.4. Unidad experimental

36 ratones albinos de cepa Balb/c de un peso de 25 a 35 g, que fueron adquiridos de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Fueron acondicionados a las condiciones de laboratorio, en un lugar adecuado con ventilación y alimentación balanceada con agua a voluntad.

3.5. Tipo de investigación

Estudio básico-experimental.³⁵

3.6. Procedimiento para la recolección de datos (Anexo 7)

3.6.1. Recolección de la muestra

La muestra fue colectada durante la temporada de cosecha en el mes de febrero, procediéndose a seleccionar los tubérculos que se encuentren en buen estado y no estén dañados.

3.6.2. Secado y molienda

El tubérculo, se procedió a lavar con bastante agua, luego se cortó en finas rodajas para finalmente ser llevadas a una bandeja (**Anexo 8**), para evitar la retención de agua o la fermentación se dispuso en una sola capa. Luego se trasladó a la estufa a 45 °C por 72 horas. Finalmente se redujo de tamaño con la ayuda de una licuadora.

3.6.3. Extracto hidroalcohólico

Se pesó 300 g de muestra seca, después se llevó a un frasco de color ámbar, luego se adicionó alcohol a 80° por encima de un centímetro de diferencia de la muestra, dejando macerar por un periodo de 7 días. Durante el proceso se agitó constantemente para que el solvente se distribuya homogéneamente, por último, se procedió a filtrar. Luego se concentró empleando un rotavapor, inmediatamente se trasladó a la estufa a 45 °C por 24 horas, finalmente el extracto se guardó en un frasco de color ámbar. (**Anexo 9**)

3.7. Determinación de la actividad antioxidante

3.7.1. Método del secuestro del radical libre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil)

Se siguió el procedimiento detallado por Brand Williams con ajustes descrito por Thaipong y col.³⁶ (**Anexos 10, 11 y 13**). Previamente, se preparó una solución patrón (SP), para el cual, se procedió a pesar 24 mg de reactivo de DPPH, estas fueron disueltas en 100 mL de metanol, finalmente se almacenó en la refrigeradora. Solución trabajo (ST): se procedió a sacar 30 mL de SP, estas fueron disueltas en 135 mL de metanol, finalmente se leyó a 515 nm, ajustando hasta una absorbancia $1,1 \pm 0,02$ con metanol.³⁶ Asimismo, para la curva de calibración se preparó una solución patrón a la concentración de 12,5 mg de Trolox (**Anexo 12**), luego se aforó con metanol 50 mL. En base de la solución patrón se hizo diluciones 0; 1; 2; 4; 6; 8 mL, después se aforó con metanol 10 mL, agitando por 5 minutos. Se prepararon por triplicado las diluciones. Siguiendo el

procedimiento para la muestra.³⁷ (**Anexo14**). De la muestra se sacó 150 µL, adicionando luego 2850 µL de ST, luego se dejó reaccionar por un tiempo de 30 minutos en oscuridad, finalmente se leyó la absorbancia a 515 nm.³⁶ (**Anexo 11**)

Cálculos:

$$\% = \left[\frac{(A_{DPPH} - A_{MP})}{A_{DPPH}} \right] \times 100$$

Donde:

‰: Porcentaje de la secuestradora del radical DPPH.

A_{DPPH} : Absorbancia del DPPH.

A_{MP} : Absorbancia de la muestra problema.

3.7.2. Método del secuestro del radical libre ABTS (2,2'azino-bis-3-etilbenzotiazolin-6-sulfonato de amonio)

Se siguió el procedimiento detallado por Arnao con ajustes descrito por Thaipong y col.³⁶ (**Anexos 15, 16 y 17**)

Elaboración de la solución patrón (SP) y solución trabajo (ST)

- Para la solución 1; se procedió a pesar 0,0406 g de reactivo ABTS, después estas fueron disueltas en 10 mL de agua destilada.
- Para la solución 2; se procedió a pesar 0,007 g de persulfato potásico ($K_2S_2O_8$), estas se disolvieron en 10 mL de agua destilada.
- Después se mezcló la solución 1 y 2, dejando reposar unas 12 horas en oscuridad, la cual será la solución patrón (SP).
- Para la solución trabajo (ST), se procedió a mezclar 2 mL de SP en 120 mL de metanol, se mezcló bien y luego se procedió a realizar la lectura a 734 nm, ajustando hasta una absorbancia de $1,1 \pm 0,02$. (**Anexo 16**)

Elaboración de la recta de calibración

Se preparó una solución patrón de trolox pesando 12,5 mg de trolox, aforando en 50 mL de metanol. A partir de estas se realizó diluciones de 0; 0,5; 1; 2; 3 y 4 mL, luego se aforó a 10 mL de metanol. Se realizó los ensayos por triplicado.³⁶ (**Anexo 18**)

Preparación de la muestra a evaluar (extracto hidroalcohólico)

Se procedió a tomar 150 µL de muestra + 2850 µL de ST de ABTS, dejando reaccionar por un periodo de 2 horas en oscuridad, luego se leyó la absorbancia a 736 nm.³⁶ (**Anexo 16**)

Cálculos:

$$\% = 100 - \frac{(A_m - A_b)}{A_c} \times 100$$

Donde:

%: Porcentaje de la actividad secuestradora del radical ABTS.

A_m: Absorbancia de la muestra.

A_b: Absorbancia del blanco.

A_c: Absorbancia del blanco del reactivo.

3.8. Evaluación de la actividad fotoprotectora

3.8.1. Preparación de la crema fotoprotectora

Se utilizó crema base lanette (**Anexo 19**) para la preparación de las cremas a diferentes concentraciones, para el cual, se pesó el extracto hidroalcohólico según las concentraciones a evaluar y se adicionó la crema base (**Tabla 6** y **Anexo 20**).

Tabla 6. Formulación de las cremas fotoprotectoras

Crema	Formulación
5%	1 g de extracto hidroalcohólico + 19 g de crema base
10%	2 g de extracto hidroalcohólico + 18 g de crema base
15%	3 g de extracto hidroalcohólico + 17 g de crema base

3.8.2. Método de la determinación de la actividad fotoprotectora

Se realizó la actividad fotoprotectora determinando su Factor de Protección Solar (FPS), según el método de COLIPA *in vivo*.^{38, 39} (**Anexo 21**).

Fundamento:

La actividad fotoprotectora de un muestra es evaluada por el cálculo el FPS, llamado así al número de veces que la muestra, con potencial actividad

fotoprotectora al ser aplicada tópicamente eleva la capacidad de defensa natural de la piel, con la aparición de enrojecimiento o eritema previo a la quemadura, como resultado a la exposición de radiaciones ultravioletas de tipo B, para hallar el FPS se mide el tiempo necesario para que las radiaciones UV produzcan eritema en la piel y en la de una sin protección, lo que representa a la Dosis Eritematosa Mínima (DEM).^{38,39}

Procedimiento:

- Se empleó 36 ratones, distribuidos al azar, Grupo I: Blanco; Grupo II: Radiación UV + crema base; Grupo III, IV y V: Radiación UV + crema 5; 10 y 15% respectivamente; Grupo VI: Radiación UV + crema Isdín 50®.
- Se llevó a los animales en jaulas separadas, 24 horas antes se procedió a depilar el lomo de los animales, para lo cual se utilizó la crema DEPILEE®.
- Se utilizó como fuente lumínica la lámpara Osram Ultra Vitalux 300 (UVA-UVB).
- Unos 20 minutos antes de someter a los animales a la radiación UV, se procedió a aplicar con una jeringa la crema una capa de 1 cm³.
- Después los animales fueron llevados a la exposición de los rayos UV, con libre movimiento, con una distancia de los animales con la lámpara de unos 30 cm.
- El tiempo de exposición a la radiación UV fue variable, todo dependió de la aparición de ligero eritema o enrojecimiento de la piel del ratón, se expresó como DEM, este valor se anotó para calcular el factor FPS.
- Lego de determinar la DEM se retiró a los animales de la exposición a los rayos UV.

$$FPS = \frac{\text{Tiempo de aparición de DEM con protección}}{\text{Tiempo de aparición de DEM sin protección}}$$

3.9. Diseño experimental

Diseño de posprueba únicamente y grupo control, de la siguiente manera:

G_e	X	O
G_{cn}	-	O
G_{cp}	X	O

Donde **G_e**: grupo experimental, **X**: el tratamiento, **O**: la observación, **G_{cn}**: grupo control negativo, **G_{cp}**: grupo control positivo.³⁵

Diseño experimental para la evaluación de la actividad fotoprotectora fue con 6 tratamientos y seis repeticiones para cada grupo, del modo siguiente:

Tabla 7. Diseño de investigación

Grupo	Blanco	Radiación UV + crema base	Radiación UV + Crema			Radiación UV + Cema Isdín 50®
			5%	10%	15%	
Grupo I	X					
Grupo II		X				
Grupo III			X			
Grupo IV				X		
Grupo V					X	
Grupo VI						X

3.10. Análisis de datos

Los datos se reportaron como valores promedios, que incluyen el error estándar de la media y se representaron en tablas y figuras. La diferencia significativa entre los grupos de tratamiento se determinó con el análisis de varianza (ANOVA) a un nivel de confianza del 95% ($p < 0,05$). Se realizó la prueba de Tukey (SPSS versión 22).

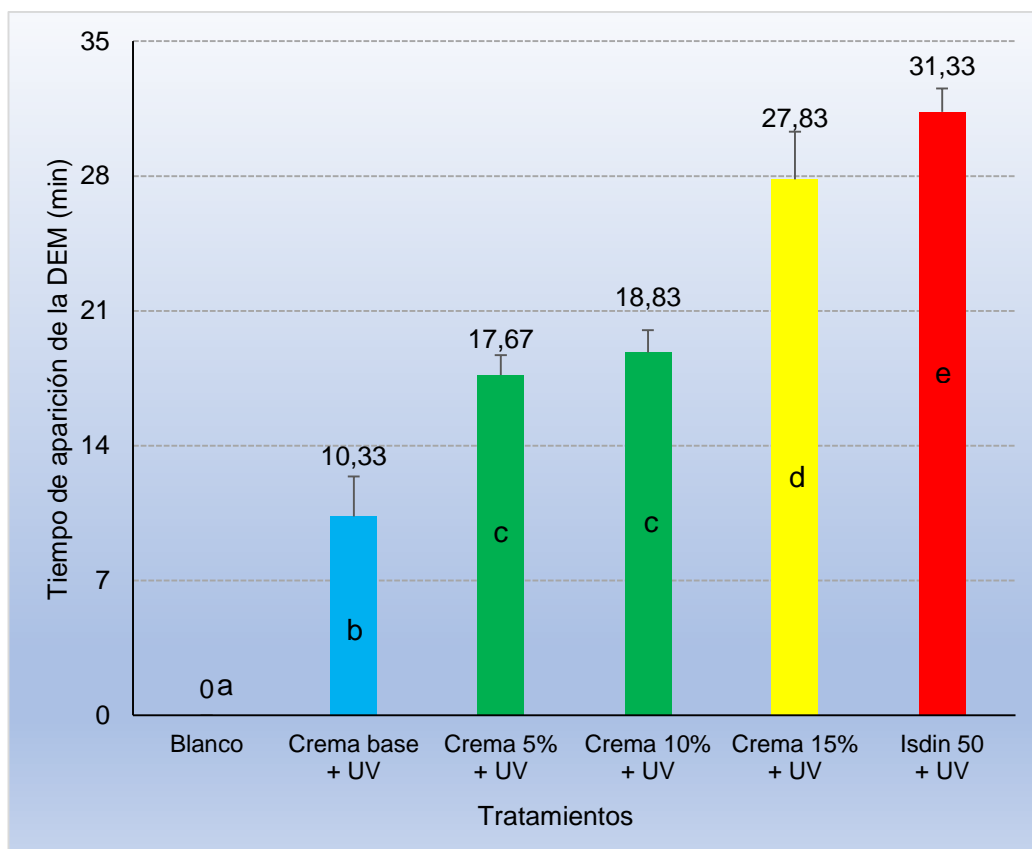
IV. RESULTADOS

Tabla 8. Porcentaje de la actividad secuestradora de los radicales libres DPPH y ABTS del extracto hidroalcohólico del tubérculo de *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua negra”.

Tratamientos	Actividad secuestradora (%)	
	DPPH	ABTS
Extracto hidroalcohólico 1 mg/mL	16,69 ^a	25,89 ^a
Extracto hidroalcohólico 5 mg/mL	46,93 ^b	76,72 ^b
Extracto hidroalcohólico 10 mg/mL	78,21 ^c	91,28 ^c
Trolox 0,2 mg/mL	96,19 ^d	70,27 ^d

*ANOVA ($p < 0,05$)

** Prueba de Tukey: Letras diferentes significan respuestas diferentes

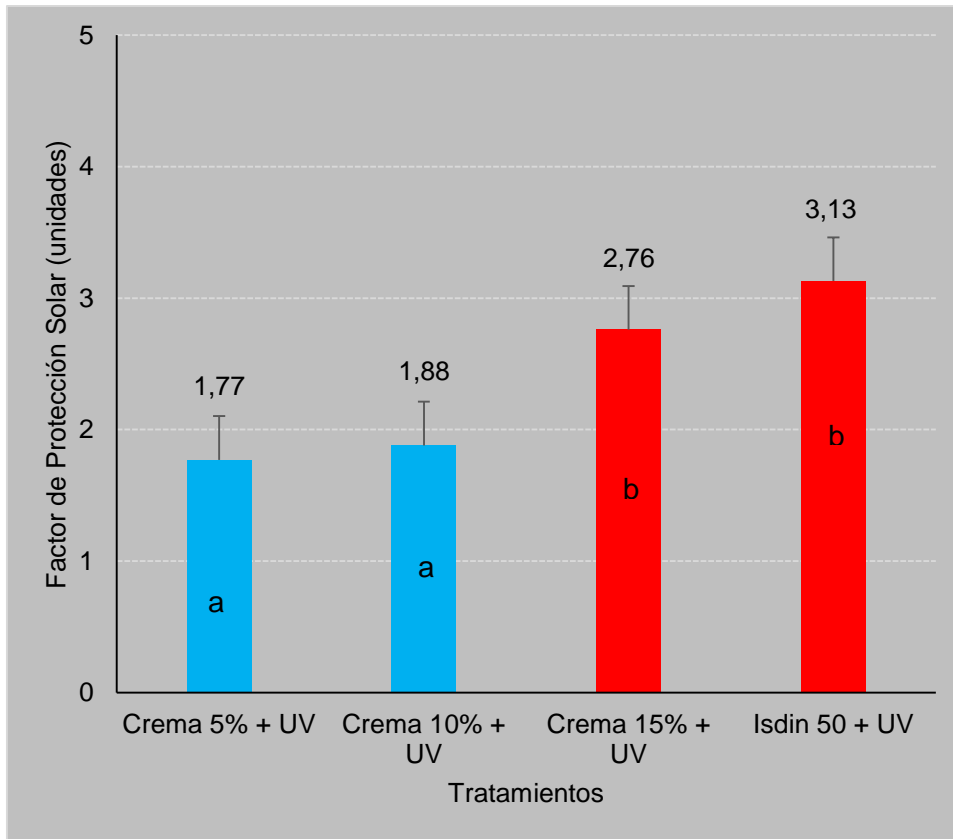


*ANOVA ($p < 0,05$)

** Prueba de Tukey: Letras diferentes significan respuestas diferentes

*** DEM: Dosis Eritematosa mínima

Figura 2. Tiempo de aparición de la Dosis Eritematosa Mínima frente a las cremas a base del extracto hidroalcohólico del tubérculo de *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua negra”.



ANOVA: ($p < 0,05$)

Figura 3. Factor de Protección Solar por efecto de los tratamientos de las cremas elaboradas a base del extracto hidroalcohólico del tubérculo de *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua negra”.

V. DISCUSIÓN

Las plantas medicinales en la actualidad se han convertido en un recurso importante debido a sus componentes activos, y su amplia variedad medicinal. La población mundial lo utiliza para satisfacer sus necesidades de salud. La medicina herbal presenta el mayor de los retos al tratar de convertir de manera eficaz las plantas medicinales en productos estables.

La medicina natural en los tiempos actuales resurgió con el propósito de dar solución a las diversas enfermedades, esta nos llevó a la investigación de las especies nativas de nuestro país, que favorecida con la gran biodiversidad y diferentes ecosistemas de nuestras regiones son amplias, una de las especies es *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua negra”, el cual, presenta muchas propiedades y bondades medicinales.

En la Tabla 8, se plasma el porcentaje de la actividad secuestradora de los radicales libres DPPH y ABTS. En el caso del DPPH, el extracto hidroalcohólico de *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua negra” a la concentración de 10 mg/mL, tuvo mejor actividad secuestradora con un 78,21%, superior a las demás concentraciones, pero inferior al trolox al 0,2 mg/mL, siendo estadísticamente diferentes entre sí ($p=8,28 \times 10^{-15}$) (Anexo 22), asimismo, comparando entre los tratamientos, se halló que todos tienen un comportamiento diferente (Anexo 23). Se reportan estudios de actividad secuestradora del radical libre DPPH con muestras de tubérculo de esta especie. Vilchez¹⁸, determinó que el extracto hidroalcohólico de los tubérculos de *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua negra” a la concentración de 250 µg/mL presentó mayor actividad antioxidante frente al radical libre DPPH con un 92,5%, con muestras proveniente del distrito de Tambo (La Mar – Ayacucho). También Riojas¹⁷, estudió 3 ecotipos del tubérculo del distrito de Chiara (Huamanga – Ayacucho), para el cual obtuvo extractos

hidroalcohólicos, en el cual, el ecotipo “yana puca” a la concentración de 200 µg/mL, presentó una actividad antioxidante superior a los demás ecotipos, con un 76,45%. Aparentemente, sus resultados son superiores al reportado en la presente investigación, sin embargo, estas diferencias se deben a la metodología que emplearon ambas en la preparación del DPPH con etanol de 96% y las muestras preparadas en etanol, que podrían tener influencia en los resultados, mientras que, en este caso se ciñó estrictamente a la metodología descrita por Brand Williams modificado por Thaipong y Col.³⁶ Asimismo, podría tener influencia la procedencia de la muestra y época de colecta.

Por otro lado, en esta misma tabla, se observa el porcentaje de actividad secuestradora de los radicales libres, empleado por el método de ABTS, el extracto hidroalcohólico de *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua negra” a la concentración de 10 mg/mL, tuvo mejor actividad secuestradora a las demás concentraciones con un 91,28%, incluido a la concentración del trolox 0,2 mg/mL con un 70,27%, siendo estadísticamente diferente entre sí ($p=5,39 \times 10^{-10}$) (Anexo 24), por otra parte, comparando entre los tratamientos, se observó que todos tienen un comportamiento diferente (Anexo 25). En otra investigación Riojas¹⁷, demostró que el extracto hidroalcohólico de *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua”, a la concentración de 200 µg/mL, la especie de “yana puca, muestra proveniente del distrito de Chiara (Huamanga – Ayacucho), alcanzó mayor porcentaje de actividad antioxidante frente al radical libre ABTS con 69,35%, pero esta no superó al trolox a la concentración de 100 µg/mL con un valor de 90,19%.

Aparentemente, su resultado con respecto a la especie “yana puca”, a la concentración de 200 µg/mL, es inferior al reportado en la presente investigación, pero no superó al trolox 0,2 mg/mL, esta diferencia se debe a la metodología que empleó en la preparación del ABTS con etanol de 80° y agua destilada, así mismo las muestras preparadas en etanol, que podrían tener influencia en los resultados, mientras que, en esta investigación se ciñó estrictamente a la metodología descrita por Arnao modificado por Thaipong y Col.³⁶ También, podría tener influencia la procedencia de la muestra y época de colecta.

Para la medición de las capacidades antioxidantes de los productos vegetales se han desarrollado diversos ensayos químicos *in vitro*. A pesar de la popularidad de los efectos antioxidantes en las investigaciones, la no existencia de ensayos estandarizados en la comparación de resultados de diferentes investigaciones ha

sido un gran reto. Las evaluaciones que contemplan a los antioxidantes, son esenciales para el desarrollo de métodos estandarizados que es aplicado considerablemente por los investigadores. Pero debido a la complejidad naturaleza de los sistemas biológicos, existen varios métodos para la medición de la capacidad antioxidante.⁴¹ El método de DPPH es muy empleado por los investigadores.

Los metabolitos secundarios responsables de la actividad antioxidante se pueden mencionar desde el punto de vista fitoquímico a los taninos, cumarinas, xantonas, quinonas, ácidos fenólicos, flavonoles, flavones, catequinas, antocianinas, estas presentan propiedades redox que actúan donando hidrógenos dando como resultado prevenir o retrasar ciertas enfermedades degenerativas.⁴²

Para la determinación de la actividad fotoprotectora se empleó el FPS, por el método de COLIPA *in vivo*.

En la Figura 2, se aprecia el tiempo de aparición de la DEM frente a las cremas a base del extracto hidroalcohólico del tubérculo de *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua negra”, se puede afirmar que la crema al 15% presento una DEM con un 20,83; superior y siendo estadísticamente diferente a las demás dosis, 5 y 10% con 17,67 y 18,83 respectivamente,(anexo 27), pero no superó al estándar crema Isdín 50® que tuvo un tiempo de 31,33,) Por su parte Yance¹⁶, en su investigación determinó la actividad fotoprotectora del extracto atomizado de *Satureja brevicalyx* Epling “wayra muña”, afirmando que la crema 16% presentó un tiempo de 27,0; esta no superó a la crema Isdín 90® con un tiempo de 45,8. Las dos investigaciones emplearon la misma metodología que fue el método de COLIPA (The European Cosmetics Association) *in vivo*, pero aparentemente sus resultados son inferiores al reportado en la presente investigación, sin embargo estas pequeñas diferencias se deben a la metodología que emplearon ambas en la preparación de las cremas que fue a una dosis de 16%, también podría haber influido en lo que es la preparación de la crema base, Yance utilizó más componentes que la presente investigación (anexo 19).

Asimismo Yance¹⁶, en el extracto atomizado de *Satureja brevicalyx* Epling “wayra muña”, afirma que la crema al 16% presentó un FPS de 3,5, siendo superior a las demás concentraciones, pero fue superada por la estándar crema Isdín 90® presentó un FPS de 5,9, mientras que en la presente investigación la crema al 15 % presento un FPS de 2,76, siendo superior a las demás concentraciones, pero

no fue superada por la crema estándar Isdín 50® que presentó un FPS de 3,13, datos que se asemejan a la presente investigación.

El avance de los varios métodos de fotoprotección, desencadenaron el hallazgo de nuevas estrategias para evitar los daños de manera externa y de manera endógena buscar minimizar los efectos solares y poder completar los protectores ya comercializados. El uso de antioxidantes, enzimas reparadoras, tienen efecto positivo sobre la piel, en otras ocasiones se recuperan del daño producido por las radiaciones. Como se mencionó en la teoría los rayos UVA y UVB producen alteraciones endógenas en la piel, daño directo en el ADN, la producción de radicales libres de oxígeno que interacciona con los sensibilizadores endógenos, produciendo daño en el ADN, proteínas y membranas celulares.

La radiación UV se incrementó en los últimos años, la exposición de la piel a la radiación UV, todos estos factores contribuyeron el incremento de los trastornos relacionados con la piel en las personas. Los componentes de los protectores solares presentan un uso limitado, porque pueden activarse con la radiación solar, desencadenando reacciones adversas cutáneas, por ende, estas moléculas tienen una concentración limitada en la fórmula de los protectores solares. Es difícil lograr una alta protección solo con el uso de filtros UV sintéticos. Hoy en día es de mucha importancia incorporar productos naturales en la formulación de protectores solares. Los metabolitos secundarios importantes que actúan bloqueando los rayos UV son los ácidos fenólicos, flavonoides, polifenoles, terpenoides, estos metabolitos mencionados pueden impedir la penetración de la radiación en la piel, disminuyendo la inflamación, estrés oxidativo, efectos dañinos del ADN. Los compuestos naturales tienen gran interés por su forma eficaz de reducir el daño causado por la radiación UV en los humanos, a través de diversos mecanismos, por su participación en múltiples vías de fototoxicidad.⁴³

En la Figura 3, se observa el FPS por efecto de los tratamientos de las cremas elaboradas a base del extracto hidroalcohólico del tubérculo de *Tropaeolum tuberosum* R&P "mashua negra". Según esta figura se afirma que la crema al 15% presenta un FPS de 2,76, siendo esta estadísticamente diferente a las cremas 5 y 10% con un FPS de 1,77 y 1,88 entre sí, pero fue estadísticamente similar a la crema Isdín 50® con un FPS de 3,13 (anexo 29).

Cuando la radiación ultravioleta estimula la piel, su mecanismo de autoprotección es el doble. En primer lugar, se produce la inflamación de la epidermis por la

radiación UVB, se incrementa la protección de 3 a 4 veces. Por otra parte, el incremento en la síntesis de melanina (bronceado) inducido por la radiación UVB y UVA, brindando a la piel una protección de 2 a 4 veces mayor.⁶

Para reducir los daños causados por la radiación UV podría ser, cambiar el estilo de vida, disminuir el tiempo de exposición, entre otros, pero estas medidas son insuficientes. La utilización de protectores solares disminuye los daños causados, como quemaduras solares, daños al ADN y la piel, pero también pueden causar efectos adversos como la irritación, alergias y reacciones fototóxicas. Últimos estudios realizados evaluaron los efectos fotoquimiopreventivos de productos naturales en la prevención de los daños hacia la piel. Sustancias que pueden absorber los rayos UV, estas pueden actuar como filtros en la prevención de daños hacia el ADN y la piel. Estas sustancias actúan absorbiendo los rayos UV, como filtros en la prevención de daños hacia el ADN, daños hacia la piel y fotoinmunosupresión. Por tal razón se han desarrollado varios estudios que demuestran su potencial efecto fotoprotector de los productos naturales, estas sustancias absorben los rayos UV por la presencia de cromóforos en su estructura química, impidiendo que la radiación solar penetre la piel. Estos cromóforos son los estilbenos, flavonoides y ácidos hidroxicinámicos. Estos compuestos presentan un alto factor de protección solar, como la quercetina que presenta un factor de protección de 10,3; el resveratrol que presenta un 19,2; ácido ferúlico con 11,9; apigenina con 28,8. Otro estudio demuestra que el extracto de polifenol de la corteza de *Punica granatum* presentó fotoprotección contra el daño de la luz UVB en fibroblastos humanos inhibiendo su fotoenvejecimiento, esta protección se atribuye a las catequinas. Las antocianinas presentes en las fresas les confieren protección dérmica a los fibroblastos. Se identificó varias familias fitoquímicas fotoprotectores como son los ácidos fenólicos, compuestos fenólicos, terpenos, flavonoides, terpenos y organosulfatos.⁴⁴

Finalmente, los resultados de la presente investigación favorecen para la continuación de más estudios de la especie con el propósito de que sea empleada como productos antioxidantes y fotoprotectores.

VI. CONCLUSIONES

1. El extracto hidroalcohólico de *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua negra” presentó actividad fotoprotectora.
2. El extracto hidroalcohólico de *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua negra” presentó actividad secuestradora de los radicales libres DPPH ($p < 0,05$) y ABTS ($p < 0,05$).
3. La crema a base del extracto hidroalcohólico de los tubérculos de *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua negra” a las concentraciones de 5; 10 y 15%, presentaron un FPS de 1,77; 1,88 y 2,76 respectivamente ($p < 0,05$).
4. La crema a base del extracto hidroalcohólico de los tubérculos de *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua negra” a la concentración de 15% presentó un FPS semejante al estándar Isdín 50® ($p < 0,05$).

VII. RECOMENDACIONES

1. Tener cuidado en la depilación para no dañar la piel del ratón, este proceso es importante porque podría afectar los resultados posteriores.
2. Se debe continuar con más estudios farmacológicos, una de ellas la toxicidad dérmica del extracto hidroalcohólico de *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua negra”.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Feliciano O, Robles R, Chirre J, Santisteban O, Feliciano J, Flores W. Identificación de los principios activos de la mashua negra (*Tropaeolum tuberosum* R&P) y el efecto del proceso de elaboración de una bebida mix de mashua con piña. Ingeniería Industrial. [Internet]. Junio, 2021. [Acceso el 05 de enero de 2023]; 40: 171-190. Disponible en: [file:///C:/Users/user/Downloads/5150-Texto%20del%20art%C3%ADculo-19087-1-10-20210604%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/5150-Texto%20del%20art%C3%ADculo-19087-1-10-20210604%20(1).pdf)
2. Sordo C, Gutiérrez C. Cáncer de piel y radiación solar: experiencia peruana en la prevención y detección temprana del cáncer de piel y melanoma. Rev. Perú. Med. Exp. Salud Pública. [Internet]. Lima, 2013. [Acceso el 05 de enero de 2023]; 30(1): 113-117. Disponible en: <https://goo.su/PFTAwx>
3. Rabe J, Mamelak A, McElgunn P, Morison W, Sauder D. Photoaging: mechanisms and repair. J. Am. Acad. Dermatol. [Internet]. Julio, 2006. [Acceso el 05 de enero de 2023]; 55(1): 1-19. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16781287/>
4. Gasparro F, Mitchnick M, Nash J. A review of sunscreen safety and efficacy. Photochem Photobiol. [Internet]. Setiembre, 1998. [Acceso el 06 de enero de 2023]; 68(3): 243-256. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9747581/>
5. De la Coba F, Aguilera J, Korbee N, Gálvez M, Herrera E, Álvarez F, y col. UVA and UVB photoprotective capabilities of topical formulations containing mycosporine-like amino acids (MAAs) through different biological effective protection factors (BEPFs). National Library of Medicine. [Internet]. Enero, 2019. [Acceso el 06 de enero de 2023]; 17(1): 55. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6356945/>
6. Carretero M, Hernández T. Plantas medicinales frente al daño solar. Dialnet. [Internet]. 2018. [Acceso el 07 de enero de 2023]; 42(415): 730-734. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6516019>
7. Mishra AK, Mishra A, Chattopadhyay P. Herbal cosmeceuticals for photoprotection from ultraviolet B radiation: a review. Tropical Journal of Pharmaceutical Research. [Internet]. 2011. [Acceso el 07 de enero de 2023]; 10(3): 351-360. Disponible en: <https://www.ajol.info/index.php/tjpr/article/view/67947>
8. Manrique I, Arbizu C, Vivanco F, González R, Ramírez C, Chávez O, y col. *Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pav. Colección de germoplasma de mashua conservada en el Centro Internacional de la Papa (CIP). Centro internacional de la papa. [Internet]. Lima, Perú. 2014. [Acceso el 07 de enero de 2023]. Disponible en: <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2015/01/006159-mashua.pdf>
9. Thayná F, Thalita S, Matheus B, Priscila L, Ari L, Lara C, y col. Multifunctionality of methanolic extract of *Mitracarpus frigidus* (Willd) K. Schum. for antioxidant, photoprotective and anti-inflammatory Activities. La Referencia. [Internet]. Brasil, 2022. [Acceso el 05 de octubre de 2023]; 11(7). Disponible en: https://www.lareferencia.info/vufind/Record/BR_bc9e52f29faf2402f22710d7f82c85f4
10. Mejía F, Gil J, Vargas S, Jiménez J, Valenzuela L. Capacidad antioxidante y

antimicrobiana de tubérculos andinos (*Tropaeolum tuberosum* R.&P. y *Ullucus tuberosus* Caldas). Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica. [Internet]. 2018. [Acceso el 19 de enero de 2024]; 21(2): 449-456. Disponible en: <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/1083>

11. Chirinos R, Campos D, Warnier M, Pedreschi R, Reesc J, Larondelleb Y. Antioxidant properties of mashua (*Tropaeolum tuberosum* R.&P.) phenolic extracts against oxidative damage using biological *in vitro* assay. Food Chemistry. [Internet]. 2008. [Acceso el 08 de enero de 2023]; 111(1): 98-105. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814608003361>
12. Cazorla M. Actividad Fotoprotectora de Maracuyá (*Passiflora edulis* Sims), Ishpingo (*Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm) en Fototipos III para elaboración de un Protector Solar. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [Internet]. Ecuador, 2013. [Acceso el 08 de enero de 2023]. Disponible en: <http://dspace.espacech.edu.ec/handle/123456789/2556>
13. Ruiz Y, Sifuentes K. Evaluación *in vitro* de la fotoprotección del extracto de las hojas de *Passiflora edulis* Sims “maracuyá”. Universidad Nacional de Trujillo. [Internet]. 2018. [Acceso el 03 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/items/2830305a-eb45-4951-a8c6-df815f34e3b1>
14. Díaz J. Capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales de la mashua morada *Tropaeolum tuberosum* R.&P. Universidad César vallejo. Renati. [Internet]. 2019. [Acceso el 09 de enero de 2023]. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2955657>
15. Uribe E. Actividad antioxidante del extracto etanólico de *Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón mashua negra. Universidad Alas Peruanas. Renati. [Internet]. 2016. [Acceso el 09 de enero de 2023]. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3105018>
16. Yancce E. Actividad fotoprotectora de la crema elaborada a base de extracto atomizado de las hojas de *Satureja brevicalyx* Epling "wayra muña". Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Repositorio Institucional. [Internet]. 2016. [Acceso el 11 de enero de 2023]. Disponible en: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/4220>
17. Riojas Z. Actividad antioxidante y polifenoles totales del extracto hidroalcohólico de tres ecotipos del tubérculo de *Tropaeolum tuberosum* R. & P. “mashua”. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Renati. [Internet]. 2018. [Acceso el 09 de enero de 2023]. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2830817>
18. Vilchez P. Actividad antioxidante *in vitro* del extracto hidroalcohólico de los tubérculos de *Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón “mashua negra” de cuatro zonas productoras de la región Ayacucho. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Renati. [Internet]. 2018. [Acceso el 10 de enero de 2023]. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2829500>
19. Barrera V, Tapia C, Monteros A. Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003). Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). [Internet]. Lima- Perú. 2004. [Acceso el 12 de enero de 2023]. Disponible en:

<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3261/1/iniapscCD55p3.pdf>

20. Samaniego L. Caracterización de la mashua (*Tropaeolum tuberosum* R.&P.) en el Ecuador. Universidad Tecnológica Equinoccial. [Internet]. Ecuador, 2010. [Acceso el 20 de setiembre del 2023]. Disponible en: https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4870/1/41732_1.pdf
21. Malpartida R, Adama J, Cajachagua Y, Rosales M. Características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos en tres variedades de Mashua. (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón): una revisión. Revista Tecnológica Espol-RTE. [Internet]. 2022. [Acceso el 01 de octubre del 2023]; 34(2): 41-51. Disponible en: <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/891/613>
22. Aruquipa R, Trigo R, Bosque H, Mercado G, Condori J. El Isaño (*Tropaeolum tuberosum* R.&P.) un cultivo de consumo y medicina tradicional en Huatacana para el beneficio de la población boliviana. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales. [Internet]. La Paz. 2016. [Acceso el 13 de enero del 2023]; 3(2): 146-151. Disponible en: <https://n9.cl/hy8cg>
23. Arteaga D, Chacón L, Samamé V, Valverde V, Paucar L. Mashua (*Tropaeolum tuberosum* R.&P.): composición nutricional, características químicas, compuestos bioactivos y propiedades beneficiosas para la salud. Agroindustrial Science. [Internet]. 2022. [Acceso el 20 de setiembre del 2023]; 12(1): 95-101. Disponible en: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/4371/4817>
24. Tena V, Apaza L. Ethnobotanical uses, secondary metabolites and biological activities of Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón). Journal of Ethnopharmacology. [Internet]. 2019. [Acceso el 18 de febrero del 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112152>
25. Chirinos R, Campos D, Betalleluz I, Giusti M, Schwartz S, Tian Q, y col. High-Performance liquid chromatography with photodiode array detection (HPLC-DAD)/HPLC-Mass spectrometry (MS) profiling of anthocyanins from Andean mashua tubers (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) and their contribution to the overall antioxidant activity. J. Agric. Food Chem. [Internet]. 2006. [Acceso el 18 de febrero del 2024]; 54(19): 7089:7097. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16968067/>
26. Fuentes J. Las plantas como fuente de compuestos fotoprotectores frente al daño en el ADN producido por la radiación ultravioleta. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat. [Internet]. 2019. [Acceso el 30 de setiembre del 2023]; 43(168): 550-562. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v43n168/0370-3908-racefn-43-168-550.pdf>
27. López N, Miguel M, Aleixandre A. Propiedades beneficiosas de los terpenos iridoides sobre la salud. Nutr. Clin. Diet. Hosp. [Internet]. 2012. [Acceso el 30 de setiembre del 2023]; 32(3): 81-91. Disponible en: <https://revista.nutricion.org/PDF/PROPIEDADES.pdf>
28. Martínez S, González J, Culebras J, Tuñón M. Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. Nutr. Hosp. [Internet]. 2002. [Acceso el 15 de enero del 2023]; 17(6): 271-278. Disponible en: <http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/3338.pdf>

29. Carranco M, Ma de la Concepción C, Fernando G. Carotenoides y su función antioxidante: revisión. Archivos latinoamericanos de nutrición. [Internet]. México, 2011. [Acceso el 30 de setiembre del 2023]; 61(3). Disponible en: <http://ve.scielo.org/pdf/alan/v61n3/art01.pdf>
30. Avello M, Suwalsky M. Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. Atenea 494. II semana. [Internet]. 2006. [Acceso el 15 de enero del 2023]; 161-172. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/atenea/n494/art10.pdf>
31. Valls V. El papel antioxidante de los alimentos de origen vegetal. Vitaminas y Polifenoles. Universidad de Valencia. [Internet]. [Acceso el 15 de enero del 2023]. Disponible en: <https://acortar.link/DJGm9i>
32. Mayor R. Estrés oxidante y sistema de defensa antioxidante. Rev. Inst. Med. Trop. [Internet]. 2010. [Acceso el 30 de setiembre del 2023]; 5(2): 23-29. Disponible en: <http://scielo.iics.una.py/pdf/imt/v5n2/v5n2a05.pdf>
33. IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios ambientales. Generalidades de la radiación ultravioleta. [Internet]. 2003. [Acceso el 15 de enero del 2023]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/generalidades-de-la-radiacion-ultravioleta>
34. Moreno M, Hernando L. Fotoprotección. Rev. Asoc. Colomb. Dermatol. [Internet]. Colombia. 2010. [Acceso el 16 de enero del 2023]; 18(1). Disponible en: <https://revista.asocolderma.org.co/index.php/asocolderma/article/view/188>
35. Hernández S, Fernández C, Baptista L. Metodología de la investigación. Cuarta edición. México DF. McGraw-Hill interamericana, 2006
36. Thaipong K, Boonprakob U, Crosby K, Cisneros L, Hawkins D. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. Journal of Food Composition and Analysis. [Internet]. 2006. [Acceso el 15 de enero del 2023]; 19(6,7): 669-675. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0889157506000081>
37. Bustamante K. Determinación de compuestos antioxidantes en subproductos de cacao "testa". Universidad Técnica Particular de Loja. [Internet]. Ecuador, 2014. [Acceso el 15 de enero del 2023]. Disponible en: <https://goo.su/UCwab>
38. Vitale A. Fotoprotección: conceptos básicos y actualización. Revista Peruana de Dermatología. [Internet]. 2002. [Acceso el 17 de enero del 2023]; 12(2). Disponible en: https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/dermatologia/v12_n2/fotoproteccion.htm
39. Batlle C. Factor de protección solar. Ámbito Farmacéutico. Dermofarmacia. [Internet]. 2005. [Acceso el 17 de enero del 2023]; 24(6). Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-13076818>
40. Abril N, Bárcena A, Fernández E, Galván A, Jorrín J, Peinado J, y col. Espectrofotometría: espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas. [Internet]. Córdova. [Acceso el 30 de enero del 2024]. Disponible en: <https://goo.su/zyzmebL>
41. Jiménez M, Gutiérrez Y, Yamilet I, Miranda M. Chemical study and determination of the antioxidant activity of three varieties *Tropaeolum tuberosum* R.&P. (Mashua). American Journal of Plant Sciences. [Internet]. Diciembre, 2019. [Acceso el 23 de febrero del 2023]; 10(12). Disponible en:

<https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=97450>

42. Pinedo B. Determinación de la actividad antioxidante y de los metabolitos secundarios responsables de esta actividad de tres especies vegetales nativas procedentes de la comunidad Tamshiyacu-Tahuayo, Loreto, Perú. Universidad de la Amazonía Peruana. Repositorio Institucional. [Internet]. 2018. [Acceso el 06 de octubre del 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5486>
43. Saewan N, Jimtaisong A. Natural products as photoprotection. Journal of Cosmetic Dermatology. [Internet]. 2015. [Acceso el 20 de diciembre del 2023]; 14(1): 47-63. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25582033/>
44. Pizano J, Vargas B, Gurrola C, Vargas J, Ruiz M. Natural products and their mechanisms in potential photoprotection of the skin. Journal of biosciences. [Internet]. 2022. [Acceso el 20 de diciembre del 2023]; 47(77). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36510439/>
45. . Fagundes D, Gonzalo S, Grasa L, Castro M, Arruebo M, Plaza M, y Col. El trolox reduce el efecto del etanol sobre las contracciones inducidas x la acetilcolina y el estrés oxidativo en duodeno aislado de conejo. Rev. Esp. Enferm. Dig. [Internet]. Madrid, 2011. [Acceso el 07 diciembre de 2023]; 103(8): 396-401. Disponible en: https://scielo.isciii.es/pdf/diges/v103n8/es_original1.pdf
46. Herrera C. Efecto antioxidante y antitumoral in vitro del extracto etanólico de la raíz de *Waltheria ovata* Cav. "lucraco" en línea celular de cáncer de próstata DU-145. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Cybertesis. [Internet]. Lima, 2014. [Acceso el 14 marzo de 2024]. Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/3757>.
47. Tovar J. Determinación de la actividad antioxidante por DPPH y ABTS de 30 plantas recolectadas en la ecorregión cafetera. Universidad Tecnológica de Pereira. [Internet]. Colombia, 2013. [Acceso el 14 marzo de 2024]. 42 Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.co/items/32d48e6c-0676-44c3-bde6-c827ea08f7dd>.

ANEXOS

Anexo 1. Certificado de clasificación taxonómica

CONSTANCIA

LA BIÓLOGA LAURA AUCASIME MEDINA ESPECIALISTA EN TAXONOMÍA Y SISTEMÁTICA DE PLANTAS DEJA CONSTANCIA:


Que, la Bachiller en Farmacia y Bioquímica, Srta. Marlene, QUISPE MENDOZA, ha solicitado la identificación de una muestra vegetal para trabajo de tesis.

Dicha muestra ha sido estudiada y determinada según el Sistema de Clasificación de Cronquist. A. 1988, siendo su taxonomía la siguiente:

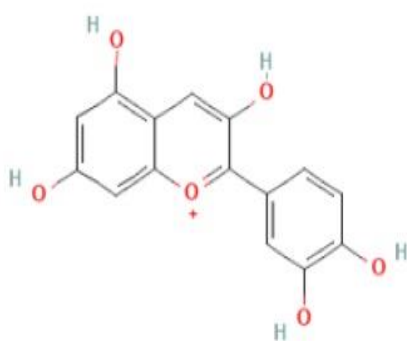
DIVISIÓN	:	MAGNOLIOPHYTA
CLASE	:	MAGNOLIOPSIDA
SUB CLASE	:	ROSIDAE
ORDEN	:	GERANIALES
FAMILIA	:	TROPAEOLACEAE
GENERO	:	Tropaeolum
ESPECIE	:	<i>Tropaeolum tuberosum</i> R. & P.
N.V.	:	"mashua negra"

Se expide la certificación correspondiente a solicitud de la interesada para los fines que estime conveniente.

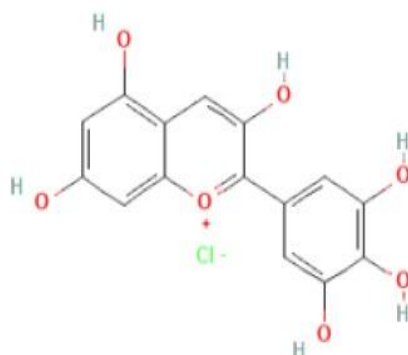
Ayacucho, 27 de Noviembre del 2021


LAURA AUCASIME MEDINA
BIÓLOGA
Reg. C.B.P. N° 583 C.R. - XIII

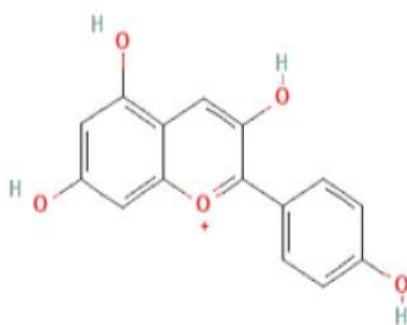
Anexo 2. Estructuras químicas base de las antocianinas.



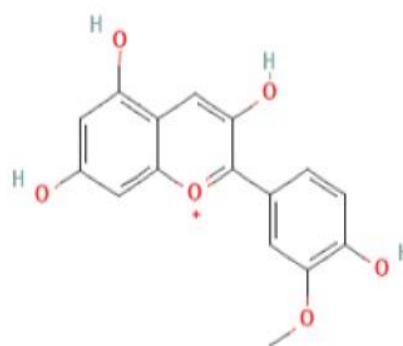
CIANIDINA



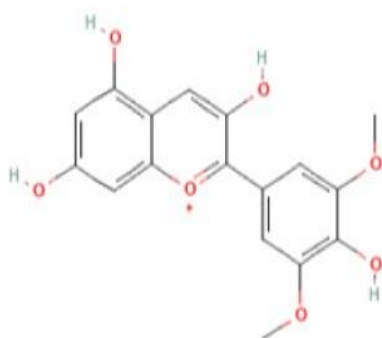
DELFINIDINA



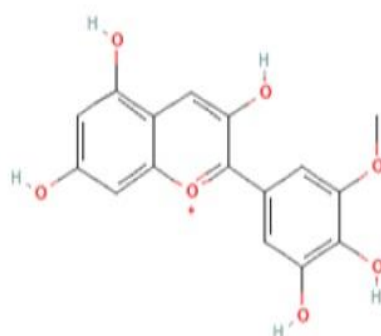
PELARGONIDINA



PEONIDINA

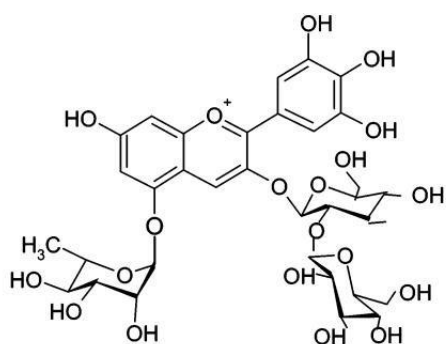


MALVIDINA

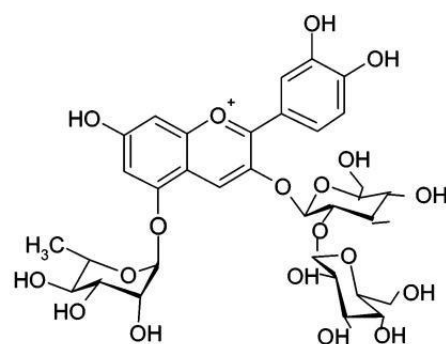


PETUNIDINA

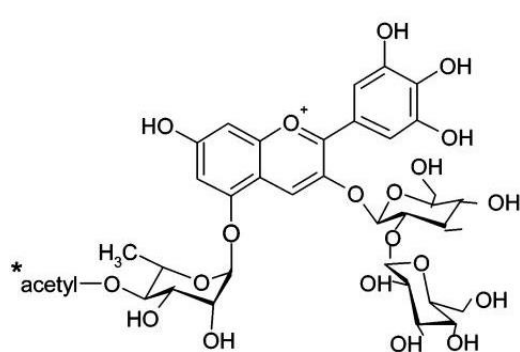
Anexos 3. Antocianinas del tubérculo de *Troapeolum tuberosum* R&P "mashua"



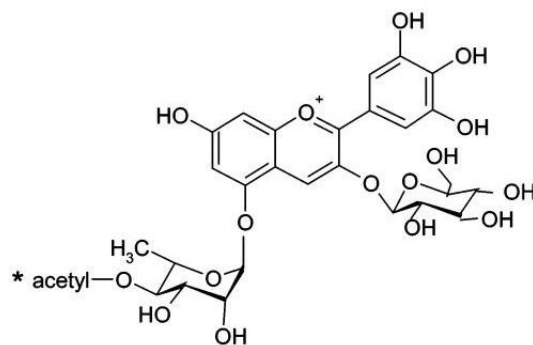
Delphinidina 3-soforósido-5-ramnósido



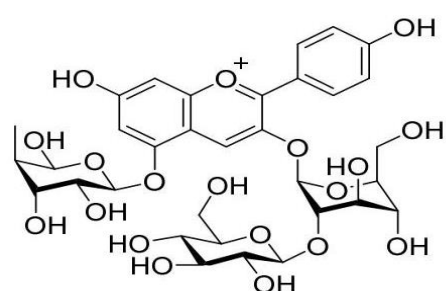
Cianidina 3- soforósido-5-ramnósido



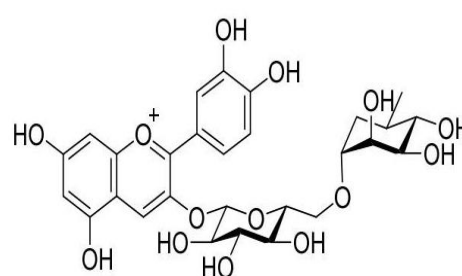
Delphinidina 3-soforósido-5-acetilramnósido



Delphinidina 3-glucósido-5- acetilramnósido

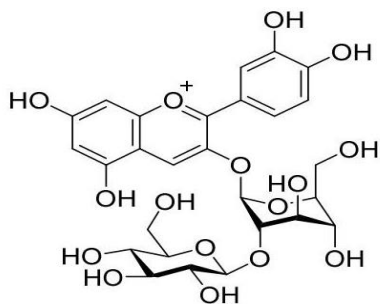


Pelargonidina 3-soforósido-5-ramnósido

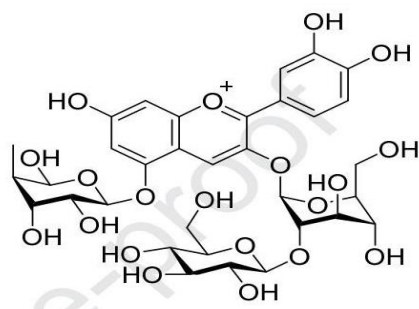


Cianidina, 3-rutinósido

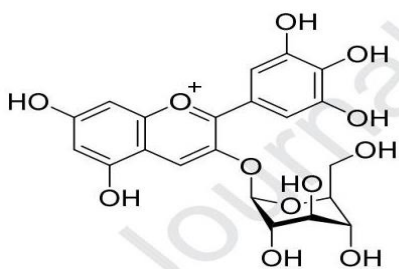
Continúa.....



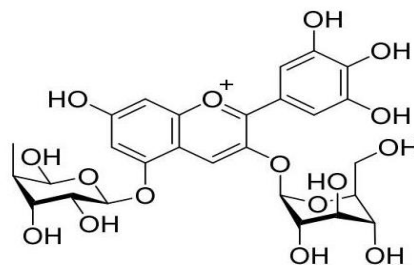
Cianidina 3-soforósido



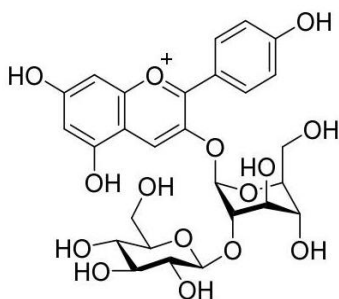
Cianidina 3-soforosido-5-ramnósido



Delfinidina 3-glucósido

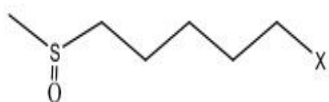


Delfinidina 3-glucósido-5-ramnósido

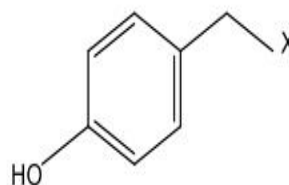


Pelargonidina 3-soforósido

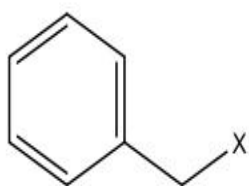
Anexo 4. Glucosinolatos tubérculo de *Tropaeolum tuberosum* R&P"mashua".



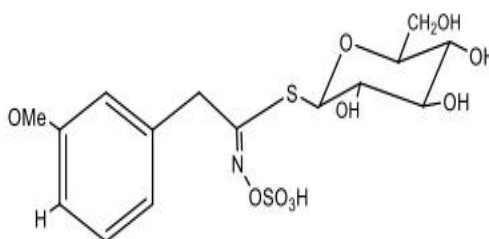
Glucolyssin: 5-Methylsulfinylpentyl



Glucosinalbin: 4-Hydroxybenzyl



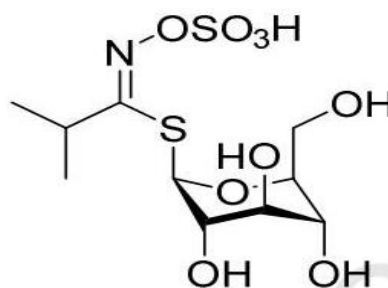
Glucotropaeolin: Benzyl



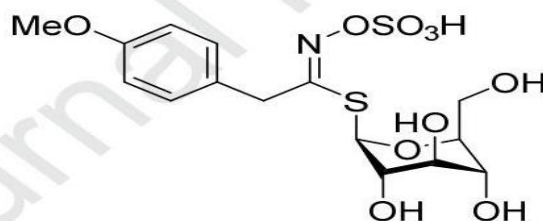
Glucolimnanthin: m-Methoxybenzyl glucosinolate



Glucoputranjivina (2-propil GLucosinolate)

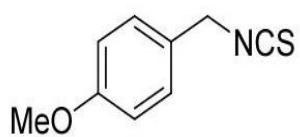


Glucococlearina (2-butil GL)

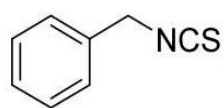


Lucoaubrietina (p-metoxibencil GLucosinolate)

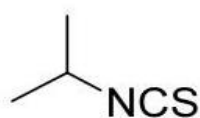
Anexo 5. Isotiocianatos tubérculo de *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua”.



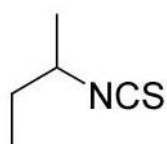
Isotiocianato de p-metoxibencilo



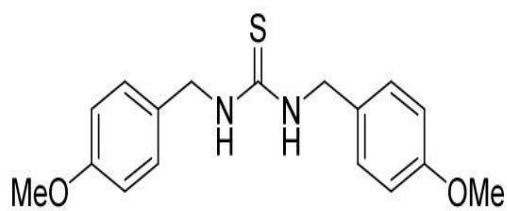
Bencilo isotiocianato



Isotiocianato de 2-propilo



Isotiocianato de 2-butilo

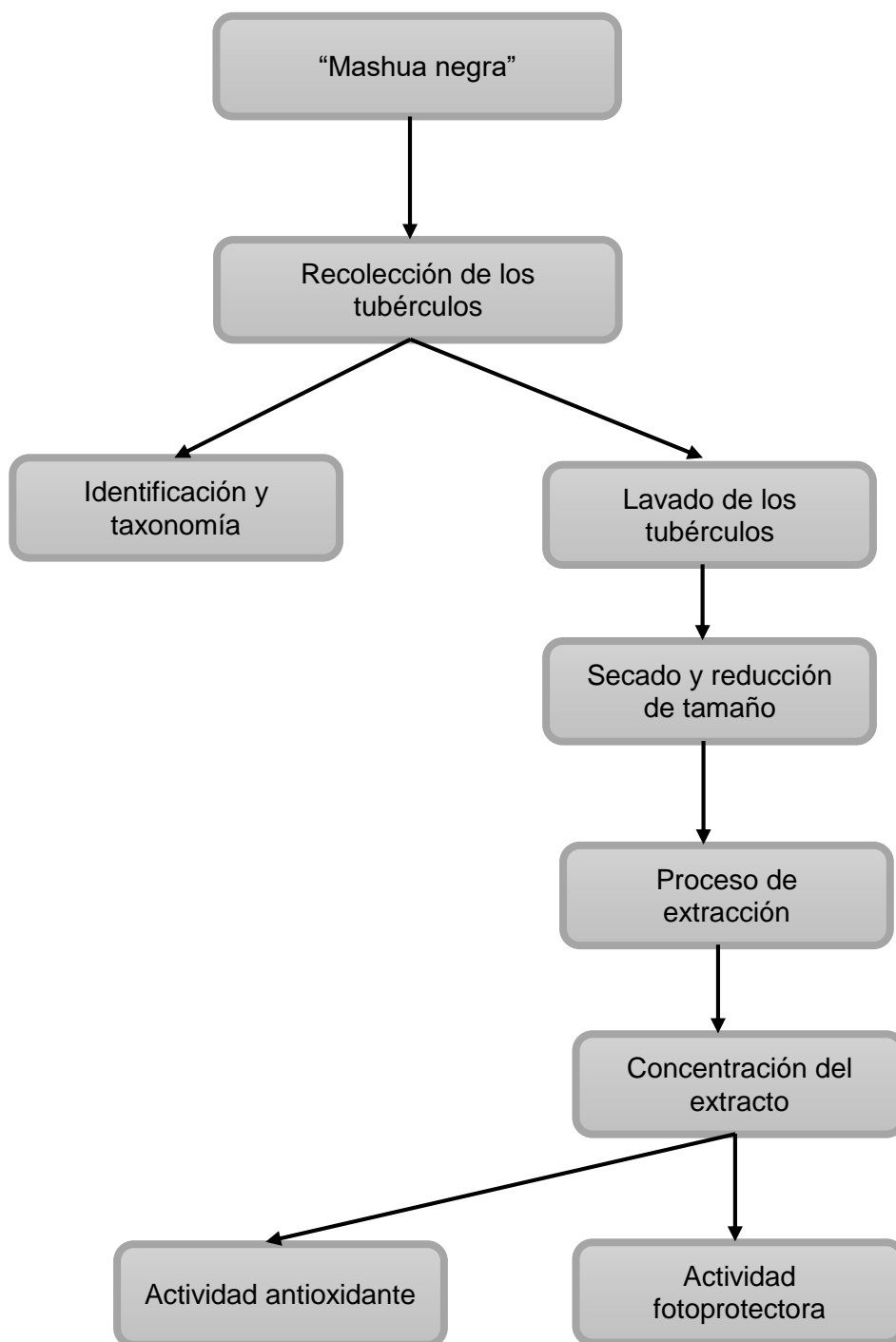


N,N-di(p-metoxibencil)tiourea

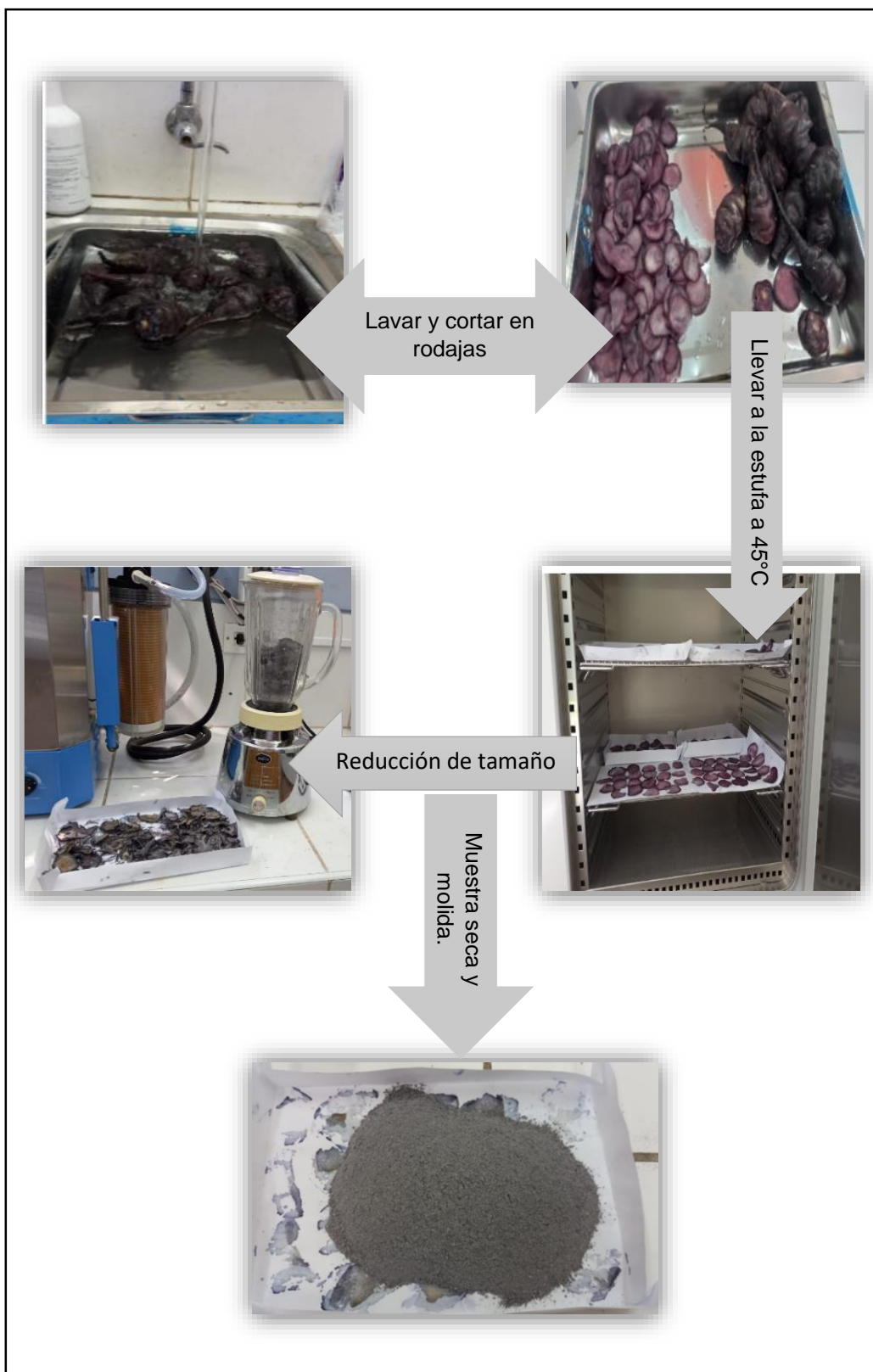
Anexo 6. Tubérculos de *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua negra”.



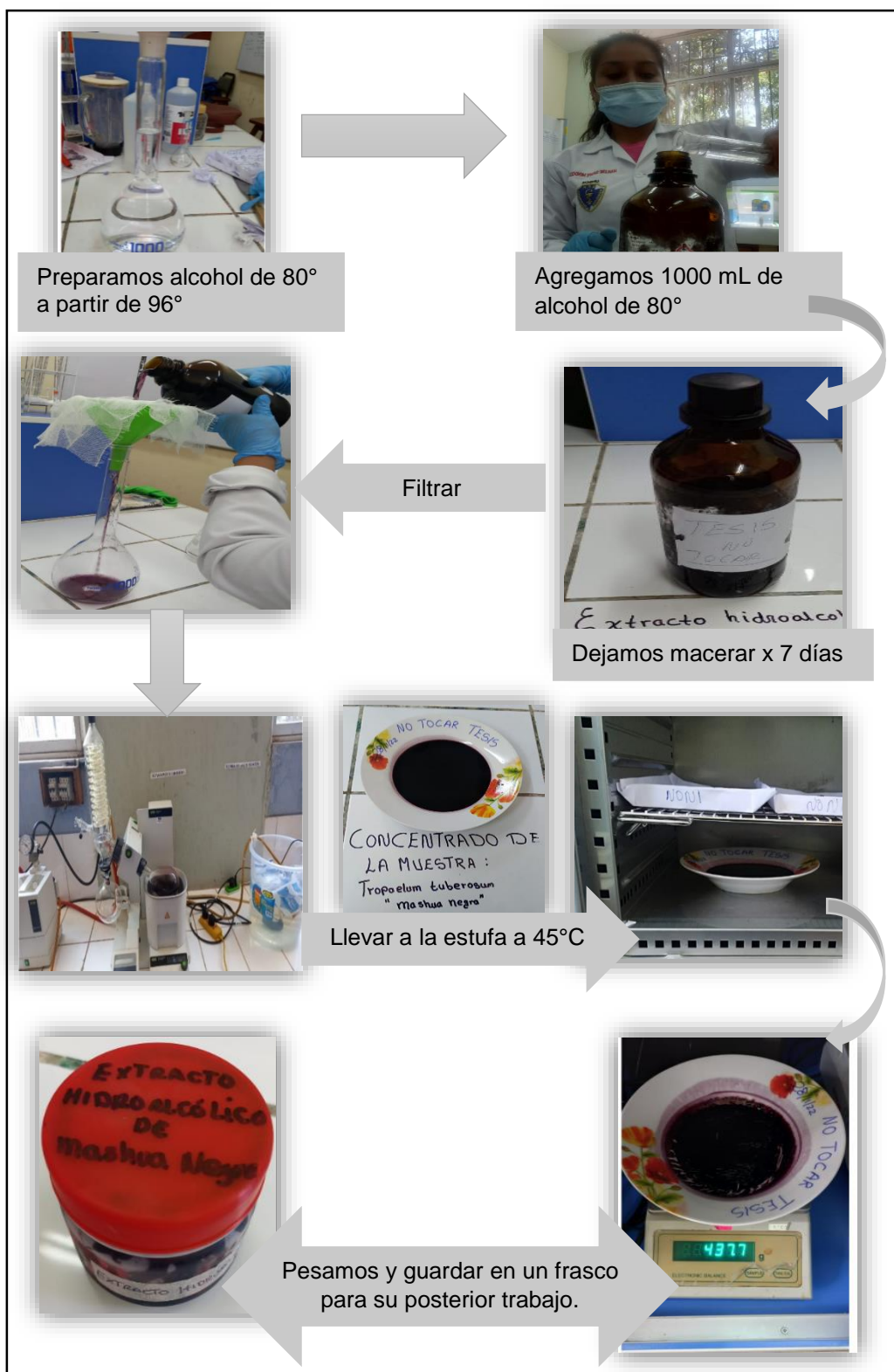
Anexo 7. Flujograma del procedimiento para la recolección de datos.



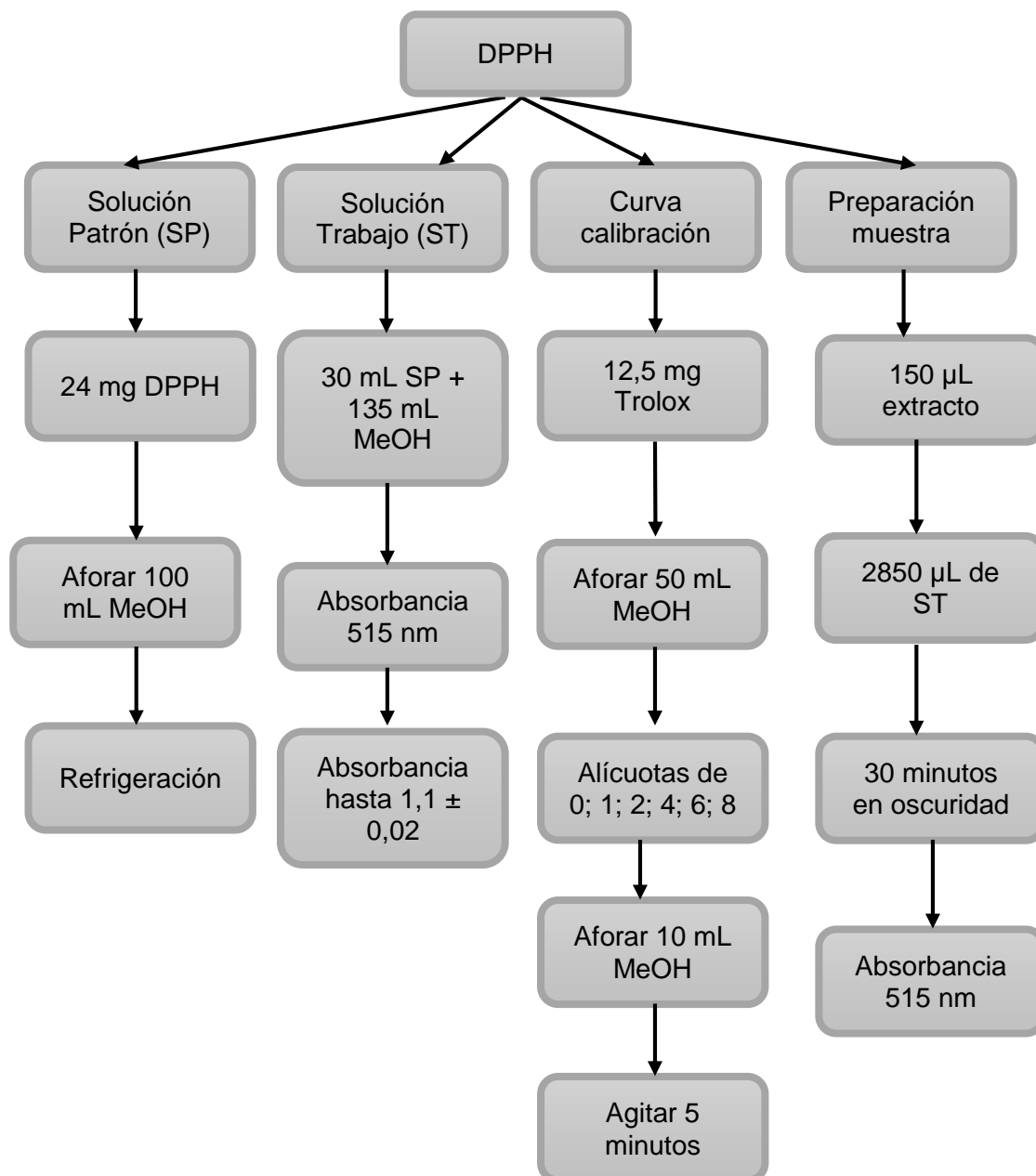
Anexo 8. Obtención de la muestra seca de *Tropaeolum tuberosum* R&P “mashua negra”.



Anexo 9. Obtención del extracto hidroalcohólico.



Anexo 10. Flujograma del ensayo de DPPH.



Anexo 11. Procedimiento para realizar el ensayo de DPPH.



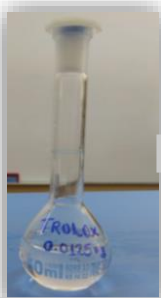
24 mg DPPH, aforar 100 mL MeOH (SP)



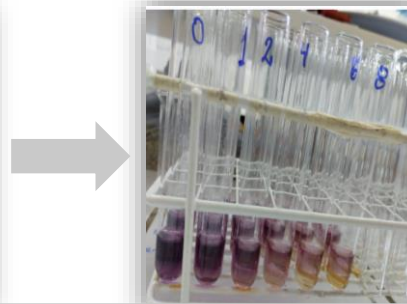
30 mL SP + 135 mL MeOH, llevar a un rotavapor, leer Abs. a 1,1 +0,002 nm (ST)



Curva de calibración:

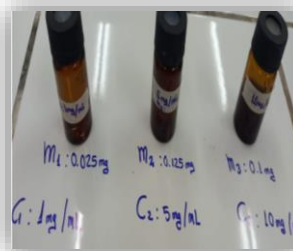


12,5 mg trolox en 50 mL MMeOH, tomamos alícuotas de 0, 1, 2, 4, 6,8 ml de trolox y aforar a 10 ml con metanol

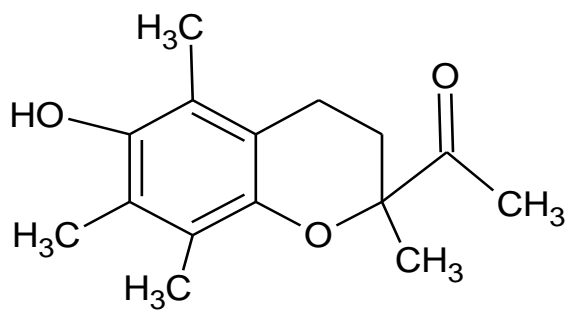


150 ul trolox +2850 ul DPPH (ST) para cada uno de los tubos x triplicado

Preparación de la muestra:

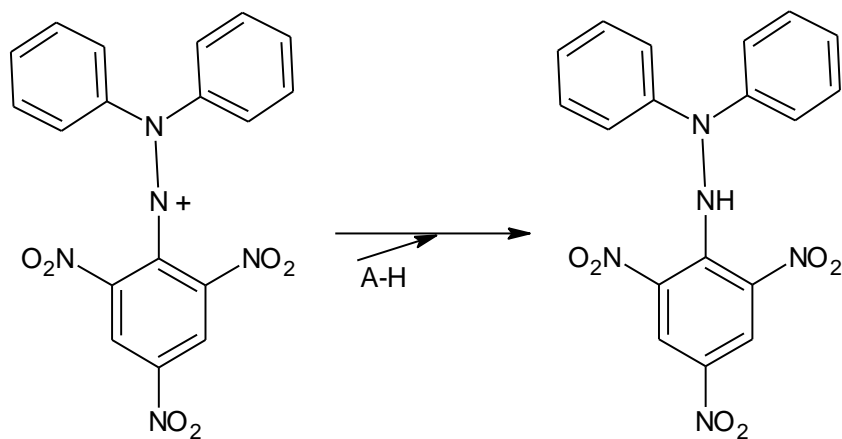


Anexo 12. Estructura química del trolox.⁴⁵



Ácido-6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico

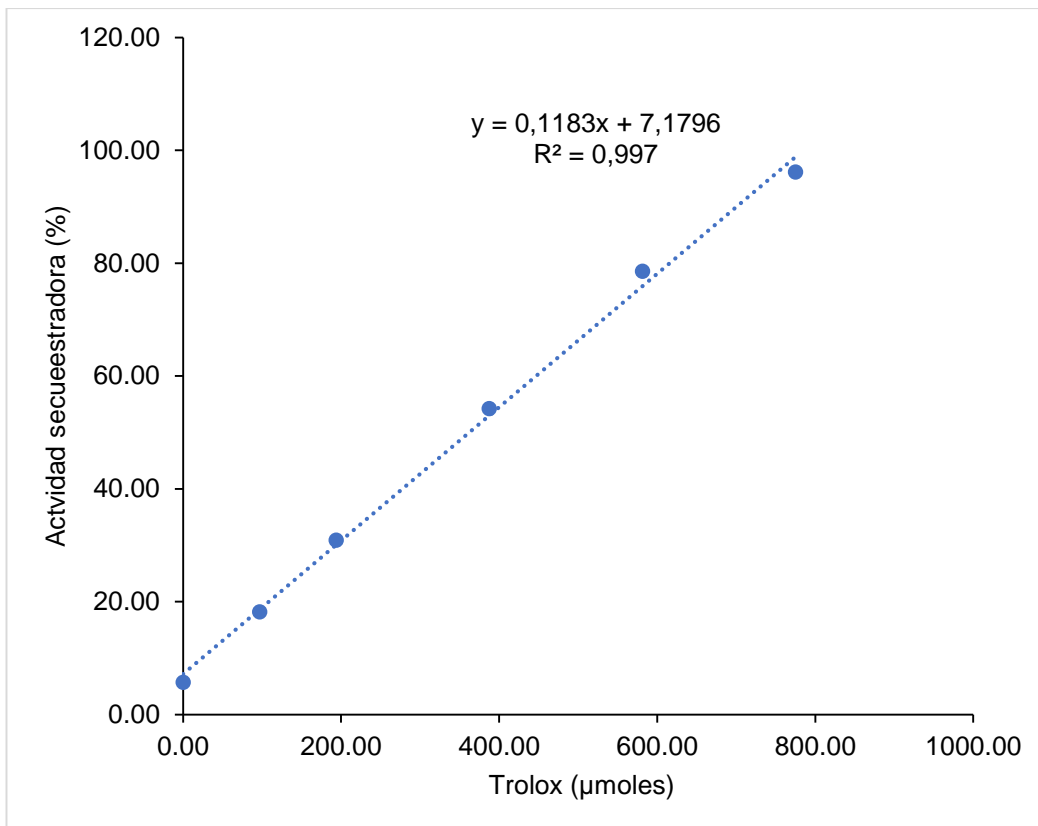
Anexo 13. Mecanismo del secuestro del radical libre DPPH.⁴⁶



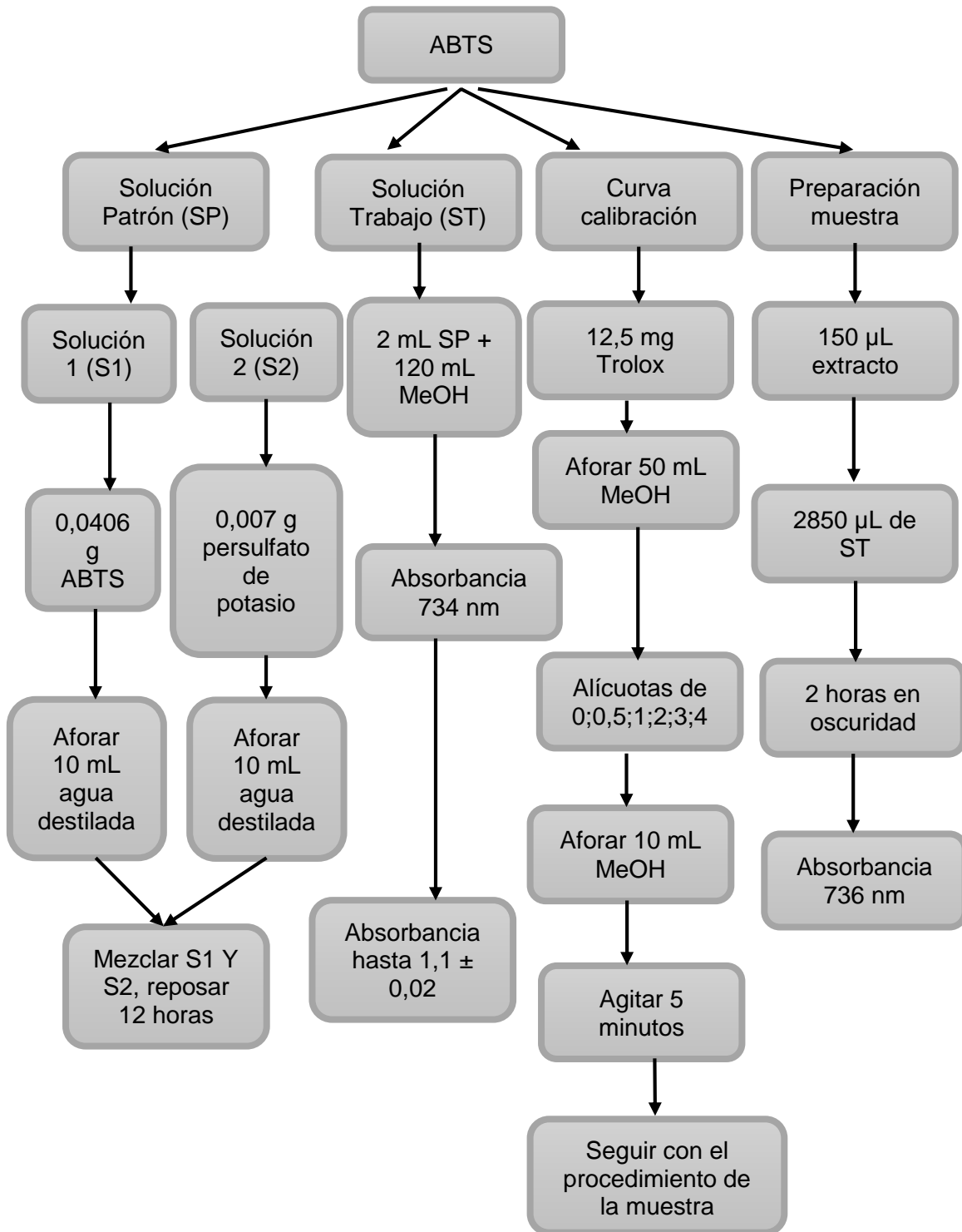
1,1-Difenil-2-picrilhidrazilo (Radical libre)
Morado

1,1-Difenil-2-picrilhidrazilo (No radical)
Amarillo

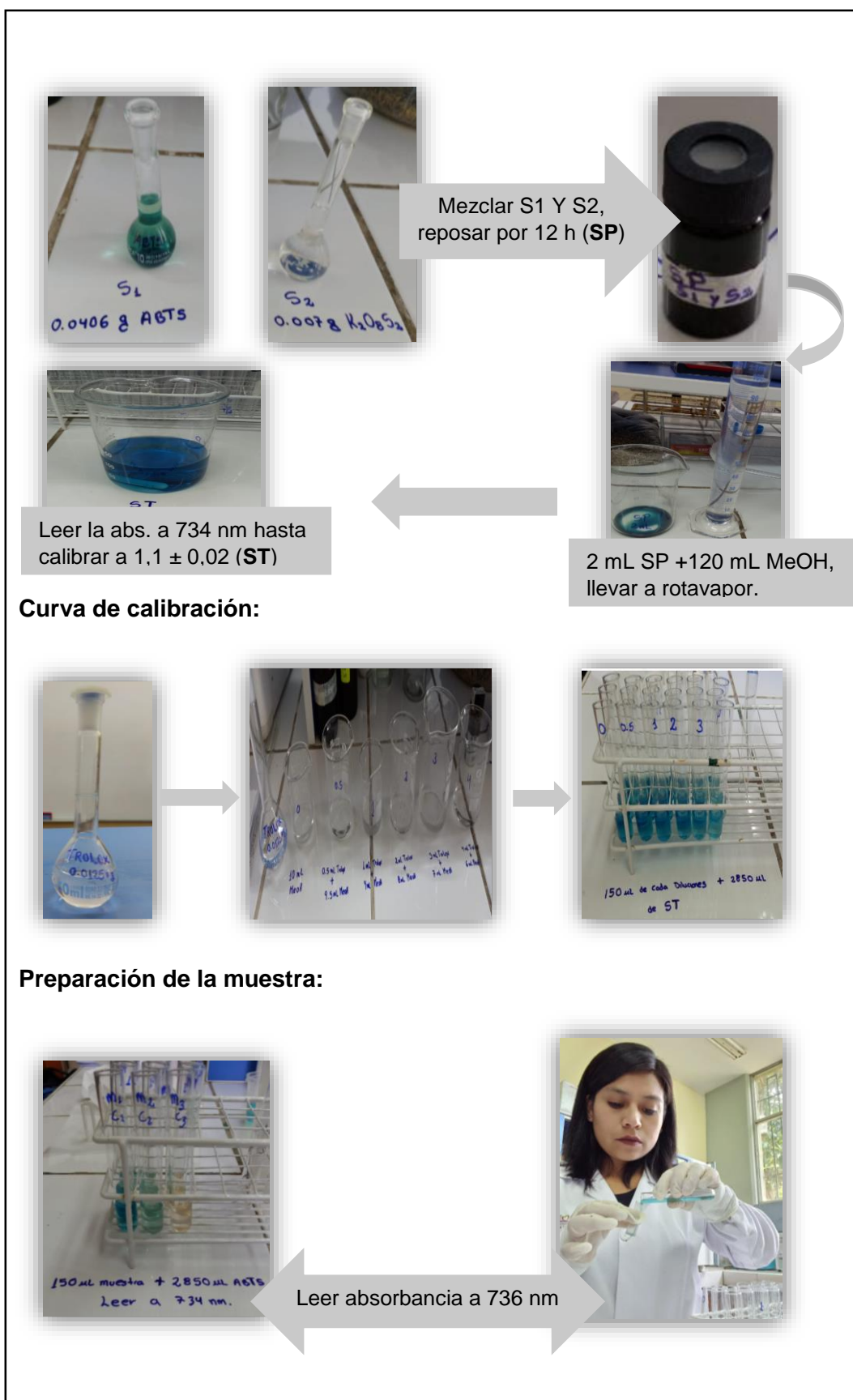
Anexo 14. Curva de calibración del porcentaje de la actividad secuestradora del radical libre DPPH.



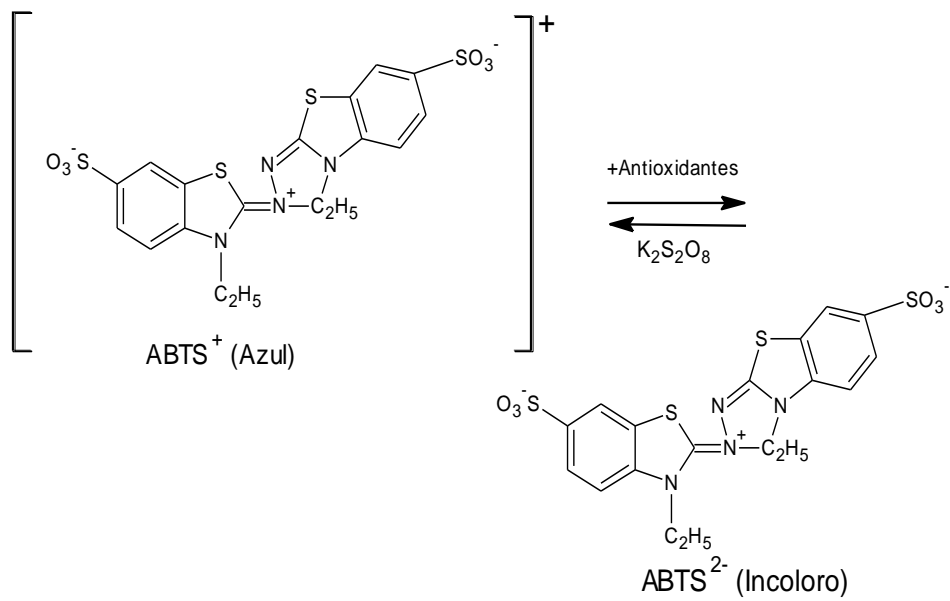
Anexo 15. Flujograma del ensayo de ABTS.



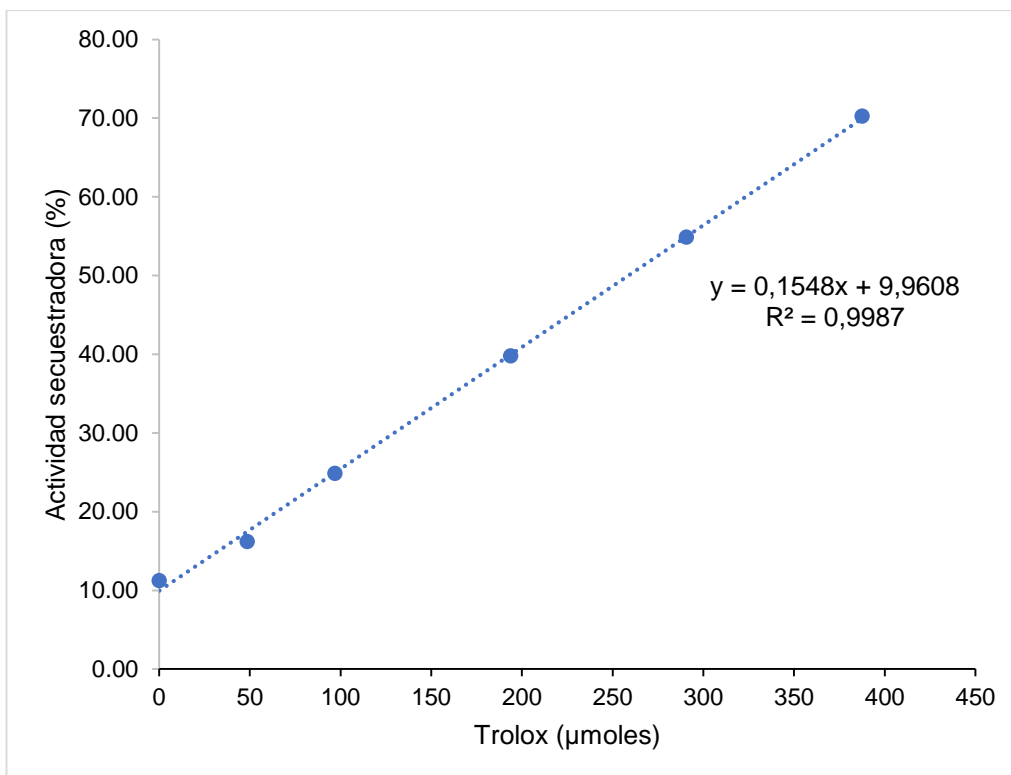
Anexo 16. Procedimiento para realizar el ensayo del ABTS.



Anexo 17. Mecanismo del secuestro del radical libre ABTS.⁴⁷



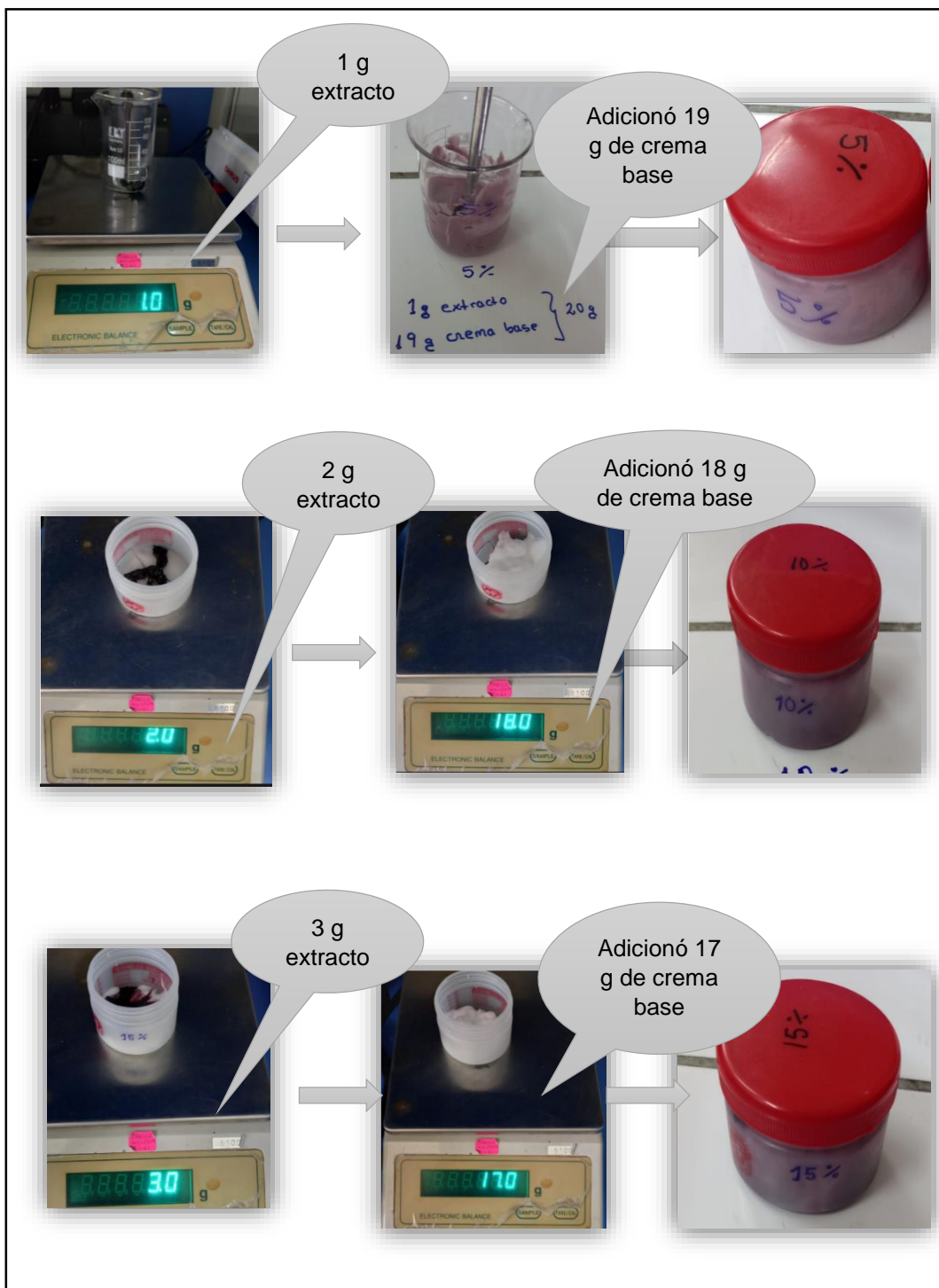
Anexo 18. Curva de calibración del porcentaje de la actividad secuestradora del radical libre ABTS.



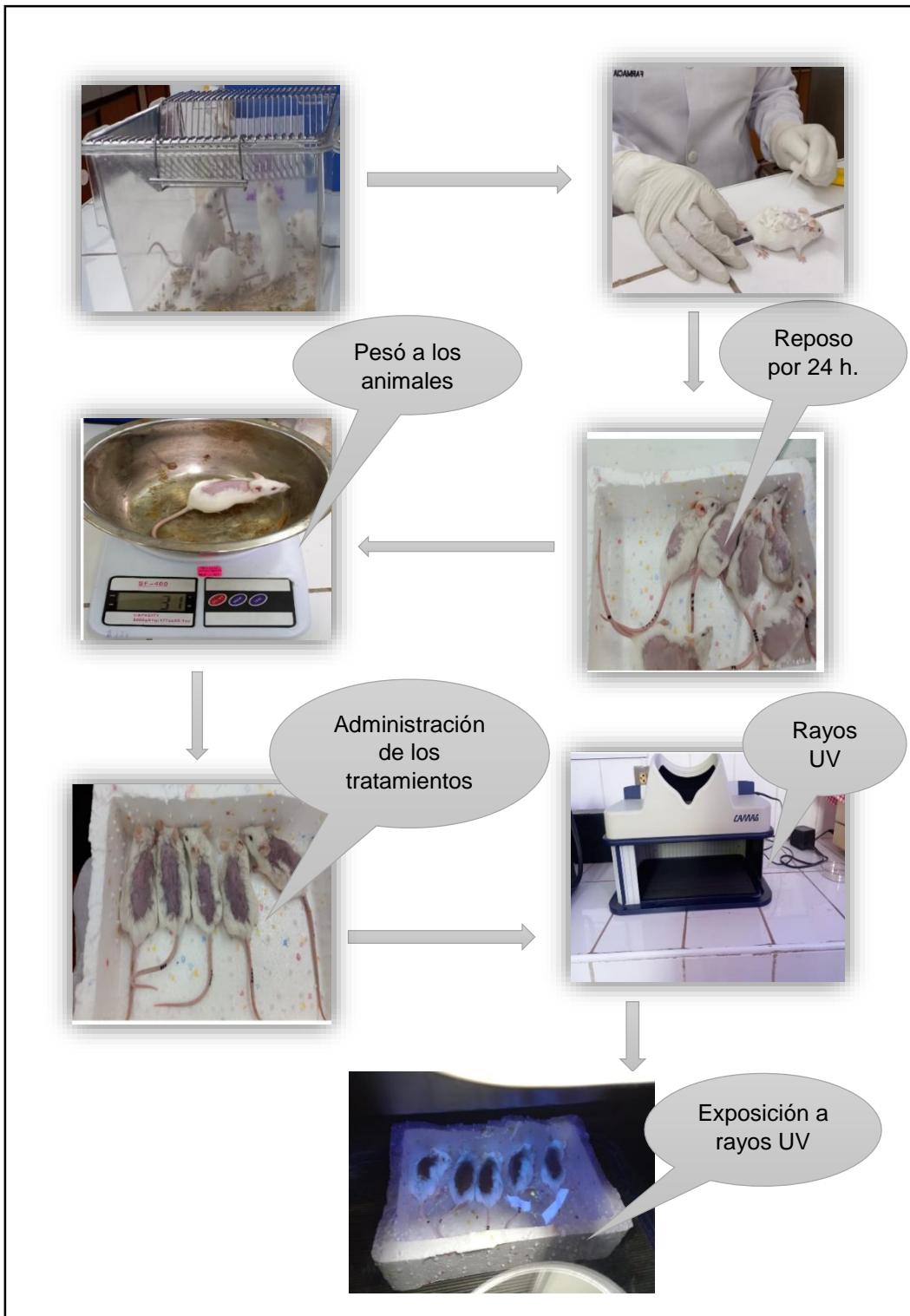
Anexo 19. Formula de la crema base lanette

Composición	%
Cera lanette N®	24
Deciloleato (Cetiol V®)	16
Conservante	c.s.
Agua destilada	c.s.p.100 g

Anexo 20. Proceso de elaboración de las cremas.



Anexo 21. Evaluación de la actividad fotoprotectora de las cremas



Anexo 22. Análisis de varianza del porcentaje de la actividad secuestradora del radical libre DPPH.

	Suma de cuadrados	gl.	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	11059,547	3	3686,516	11067,295	8,28x10 ⁻¹⁵
Dentro de grupos	2,665	8	0,333		
Total	11062,212	11			

Si: Sig. <0,05: Por lo menos uno de los tratamientos es diferente al resto

Anexo 23. Prueba de Tukey del porcentaje de la actividad secuestradora del radical libre DPPH.

Tratamientos	N	Sub conjuntos homogéneos (0,05)			
		a	b	c	d
Extracto hidroalcohólico 1 mg/mL	3	16,696			
Extracto hidroalcohólico 5 mg/mL	3		46,933		
Extracto hidroalcohólico 10 mg/mL	3			78,216	
Trolox 0,2 mg/mL	3				96,190
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Anexo 24. Análisis de varianza del porcentaje de la actividad secuestradora del radical ABTS.

	Suma de cuadrados	gl.	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	7142,517	3	2380,839	673,692	5,93x10 ⁻¹⁰
Dentro de grupos	28,22	8	3,534		
Total	7170,789	11			

Si: Sig. <0,05: Por lo menos uno de los tratamientos es diferente al resto

Anexo 25. Prueba de Tukey del porcentaje de la actividad secuestradora del radical ABTS.

Tratamientos	N	Sub conjuntos homogéneos (0,05)			
		a	b	c	d
Extracto hidroalcohólico 1 mg/mL	3	25,893			
Trolox 0,2 mg/mL	3		70,270		
Extracto hidroalcohólico 5 mg/mL	3			76,723	
Extracto hidroalcohólico 10 mg/mL	3				91,280
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Anexo 26. Análisis de varianza de la dosis eritematosa mínima (DEM).

	Suma de cuadrados	gl.	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3944,333	5	788,867	330,223	2,84x10 ⁻²⁵
Dentro de grupos	71,667	30	2,389		
Total	4016,000	35			

Anexo 27. Prueba de Tukey de la dosis eritematosa mínima (DEM).

Tratamientos	N	Sub conjuntos homogéneos (0,05)				
		a	b	c	d	e
Blanco	6	0,000				
Crema base	6		10,333			
Crema 5%	6			17,666		
Crema 10%	6			18,833		
Crema 15%	6				20,833	
Isdín 50®	6					31,333
Sig.		1,000	1,000	0,779	1,000	1,000

Anexo 28. Análisis de varianza del Factor de Protección Solar (FPS).

	Suma de cuadrados	gl.	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	8,005	3	2,668	11,578	1,28x10 ⁻⁴
Dentro de grupos	4,610	20	0,230		
Total	12,615	23			

Anexo 29. Prueba de Tukey del Factor de protección Solar (FPS).

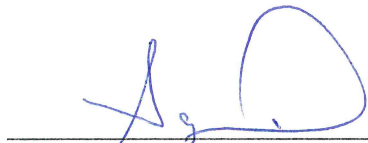
Tratamientos	N	Sub conjuntos homogéneos (0,05)	
		a	b
Crema 5%	6	1,771	
Crema 10%	6	1,881	
Crema 15%	6		2,762
Isdín 50®	6		3,134
Sig.		1,000	1,000

Anexo 30. Matriz de consistencia

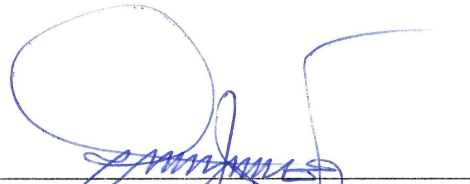
Título. Actividad fotoprotectora de extracto hidroalcohólico de los tubérculos de *Tropaeolum tuberosum* R&P. “mashua negra” en ratones.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	MARCO TEÓRICO	DISEÑO METODOLÓGICO
¿El extracto hidroalcohólico de los tubérculos de <i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz & Pav. “mashua negra” tendrá actividad fotoprotectora en ratones?	<p>Objetivo general</p> <p>Evaluar la actividad fotoprotectora del extracto hidroalcohólico de los tubérculos de <i>Tropaeolum tuberosum</i> R&P “mashua negra” en ratones.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar la actividad antioxidante <i>in vitro</i> del extracto hidroalcohólico de los tubérculos por los método de DPPH y ABTS. Determinar el factor de protección solar (FPS) de las cremas elaboradas a base de extracto hidroalcohólico de los tubérculos. Comparar el factor de protección solar (FPS) de las cremas elaboradas a base del extracto hidroalcohólico de los tubérculos con el estándar Isdín 50®. 	El extracto hidroalcohólico de los tubérculos de <i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz & Pav. “mashua negra” posee actividad fotoprotectora.	<p>Variable independiente</p> <p>Extracto hidroalcohólico de los tubérculos de <i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz & Pav. “mashua negra”</p> <p>Indicador:</p> <p>Concentraciones 5; 10 y 15%.</p> <p>Variable dependiente</p> <p>Actividad fotoprotectora.</p> <p>Actividad antioxidante.</p> <p>Indicador:</p> <p>Factor de protección solar (FPS).</p> <p>Porcentaje de captación de radicales libres de DPPH, ABTS.</p>	<p>Antecedentes de estudio.</p> <p>Bases teóricas.</p> <p>Taxonomía de <i>Tropaeolum tuberosum</i> R&P “mashua negra”.</p> <p>Distribución y hábitat.</p> <p>Descripción botánica.</p> <p>Composición química del tubérculo.</p> <p>Usos medicinales tradicionales.</p> <p>Metabolitos secundarios con actividad fotoprotectora.</p> <p>Radicales libres.</p> <p>Estrés oxidativo.</p> <p>ERO (Especies reactivas de oxígeno).</p> <p>Antioxidantes.</p> <p>Radiación UV y sus efectos en la salud.</p> <p>Fotoprotectores.</p> <p>Mecanismo de acción de los fotoprotectores.</p>	<p>Tipo de investigación: Básico-experimental.</p> <p>Población:</p> <p>Constituido por tubérculos de <i>Tropaeolum tuberosum</i> R&P “mashua negra” del distrito de Morochucos (Cangallo-Ayacucho).</p> <p>Muestra:</p> <p>Tres kg de tubérculo de “mashua negra” que fueron recolectadas del distrito de Morochucos. Se realizó un muestreo por conveniencia.</p> <p>Unidad experimental:</p> <p>Ratones (36) de cepa Balb/c de un peso de 25 a 35 g que fueron adquiridos de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.</p> <p>Metodología</p> <p>Se realizó la actividad fotoprotectora determinando su Factor de Protección Solar (FPS), según el método de COLIPA (The European Cosmetics Association) <i>in vivo</i>.</p> <p>Diseño experimental</p> <p>Diseño experimental para la evaluación de la actividad fotoprotectora fue con 6 tratamientos y seis repeticiones para cada grupo.</p> <p>Análisis estadístico</p> <p>Los datos se expresaron en forma de medias \pm desviación estándar, representados en tablas y figuras. La diferencia significativa entre los grupos de tratamiento se determinó con el análisis de varianza (ANOVA) a un nivel de confianza del 95% ($p < 0,05$). Se realizó la prueba de Tukey (SPSS versión 22).</p>

final de quince (15) para la cual los miembros del jurado evaluador firman al pie del presente, siendo las 5:00 de la tarde, se da por concluido el presente acto académico.



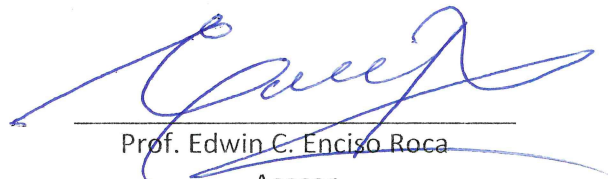
Prof. Enrique J. Aguilar Felices
Jurado 1



Prof. Marco R. Aronés Jara
Jurado 2



Prof. Kirianova Godoy Bautista
Jurado 3



Prof. Edwin C. Enciso Roca
Asesor



Prof. Enrique J. Aguilar Felices
Presidente



Prof. Gabriela Bellido Mujica
Secretaria docente

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

El Instructor en Primera Instancia, designado con RD N° 453-2023-UNSCHFCSA/D, emite la presente

CONSTANCIA

DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A MARLENE QUISPE MENDOZA, Bachiller de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Facultad de Ciencias de la Salud, en mérito a que la tesis titulada: "Actividad fotoprotectora del extracto hidroalcohólico de los tubérculos de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav. "mashua negra" en ratones" ha alcanzado un índice de similitud de 21 % (veintiuno); cumpliendo satisfactoriamente lo establecido en el Art. 13 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de investigación de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga mediante el uso del SOFTWARE TURNITIN.

En ese sentido, se emite la presente constancia en señal de conformidad.

Ayacucho, 22 de marzo de 2024.



Prof. Marco R. Aronés Jara
Docente instructor - Primera instancia



UNSCH

FACULTAD DE
CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA PROFESIONAL DE
FARMACIA Y BIOQUÍMICA



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD SEGUNDA INSTANCIA:
TESIS DE PREGRADO

(C°23-2024-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, en representación de la decana y delegada por Resolución Decanal N° 077-2021-UNSCH-FCSA/D, deja constancia que el trabajo de tesis titulado:

Actividad fotoprotectora del extracto hidroalcohólico de los tubérculos de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav. “mashua negra” en ratones

PRESENTADO POR LA: Bach. QUISPE MENDOZA, Marlene

Ha sido sometido al análisis mediante el sistema TURNITIN concluyendo que presenta un porcentaje de **21% 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 pregrado de la UNSCH. Por tanto, **ES PROCEDENTE** conceder la Constancia de originalidad en segunda instancia.

Ayacucho, 22 de marzo del 2024



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 del
extracto hidroalcohólico de los
tubérculos de *Tropaeolum
tuberosum* Ruiz & Pav.
“mashua negra” en ratones

by Marlene Quispe Mendoza

Submission date: 22-Mar-2024 05:41PM (UTC-0500)

Submission ID: 2328277217

File name: TESIS_Marlene_QUISPE_MENDOZA.pdf (2.15M)

Word count: 12452

Character count: 66107

Actividad fotoprotectora del extracto hidroalcohólico de los tubérculos de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav. “mashua negra” en ratones

ORIGINALITY REPORT

21 %
SIMILARITY INDEX

22 %
INTERNET SOURCES

4 %
PUBLICATIONS

14 %
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repositorio.unsch.edu.pe Internet Source	9%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Student Paper	6%
3	1library.co Internet Source	1%
4	repositorio.unsaac.edu.pe Internet Source	1%
5	documentacion.ideam.gov.co Internet Source	1%
6	es.slideshare.net Internet Source	1%
7	www.slideshare.net Internet Source	< 1%
8	dspace.utpl.edu.ec Internet Source	< 1%

9

repositorio.lamolina.edu.pe

Internet Source

< 1 %

10

repositorio.uap.edu.pe

Internet Source

< 1 %

11

hdl.handle.net

Internet Source

< 1 %

Exclude quotes On

Exclude matches < 30 words

Exclude bibliography On