



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

EVALUACIÓN DE ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE, TAMIZAJE FITOQUÍMICO DE
FLAVONOIDES-ALCALOIDES Y CUANTIFICACIÓN DE FLAVONOIDES TOTALES
DE HOJAS DE SUCULENTA híbrido xGraptoveria 'Rowly'

**Línea de investigación:
Botánica y Productos Naturales**

Tesis para optar el Título Profesional de Licenciada en Química

Autora

Navarro Medina, Rosa Victoria

Asesora

Ruiz Martel, Candy Janice

ORCID: 0000-0003-4911-022X

Jurado

Lezama Vigo, Helmer Heli

Pumachagua Huertas, Rodolfo

Salvador Salazar, Marta

Lima - Perú

2025



EVALUACIÓN DE ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE, TAMIZAJE FITOQUÍMICO DE FLAVONOIDES-ALCALOIDES Y CUANTIFICACIÓN DE FLAVONOIDES TOTALES DE HOJAS DE SUCULENTA híbrido xGraptoveria 'Rowly'

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
2	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante	1%
3	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
4	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
5	rpmi.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unid.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	idoc.pub Fuente de Internet	<1%
8	"Proceedings of the 4th Biotechnology World Symposium", Mexican Journal of Biotechnology, 2024 Publicación	<1%
9	revistas.sqperu.org.pe Fuente de Internet	<1%

www.researchgate.net



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS

**EVALUACIÓN DE ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE, TAMIZAJE FITOQUÍMICO DE
FLAVONOIDES-ALCALOIDES Y CUANTIFICACIÓN DE FLAVONOIDES TOTALES
DE HOJAS DE SUCULENTA híbrido x*Graptopveria* 'Rowly'**

Línea de investigación:

Botánica y Productos Naturales

Tesis para optar el Título Profesional de Licenciada en Química

Autora:

Navarro Medina, Rosa Victoria

Asesora:

Ruiz Martel, Candy Janice

0000-0003-4911-022X

Jurado:

Lezama Vigo, Helmer Heli

Pumachagua Huertas, Rodolfo

Salvador Salazar, Marta

Lima – Perú

2025

Dedicatoria

A Dios, por su amor infinito, por ser mi guía constante y darme la fortaleza necesaria en cada momento de este camino, aunque no fue fácil y en ocasiones quise rendirme, Él me dio la sabiduría necesaria para continuar y llegar hasta aquí. A Él encomiendo este logro, fruto de esfuerzo, fe y perseverancia.

A la memoria de mi madre, cuyo amor, ejemplo y fortaleza siguen iluminando mi vida. Aunque no esté físicamente presente, sé que desde el cielo comparte conmigo la alegría de este sueño que un día construimos juntas.

A mi padre, por su apoyo incondicional, por su paciencia y por ser mi sostén en los momentos más difíciles de este proceso.

A mis queridas hermanas, Angelita y Elenita, por su comprensión, su ayuda constante y por acompañarme con amor, especialmente al cuidar de mi hijo mientras culminaba esta investigación.

Y, con todo mi corazón, a mi hijo Santiago, quien ha sido la mayor inspiración y el motor de mi esfuerzo. Este logro también es para él, porque los hijos llegan a nuestras vidas para darnos fuerza, esperanza, fe y para sacar nuestra mejor versión y ser mejores cada día. Te amo con toda mi alma Santiago.

Agradecimientos

A Dios, por su inmenso amor y por haberme brindado la fortaleza, la salud y la sabiduría necesaria para culminar esta importante etapa de mi vida. A Él que en todo momento me acompañó con su luz y me dio la serenidad para superar cada dificultad.

A mis padres, por inculcarme siempre los valores del esfuerzo, la perseverancia y la humildad, y por motivarme a ser una mejor persona cada día. Este logro es también fruto de su esfuerzo y dedicación.

A mis queridas hermanas, por su apoyo incondicional, su comprensión y su valiosa ayuda durante todo este camino, especialmente por cuidar con tanto cariño a mi hijo mientras desarrollaba esta investigación.

A mi asesora de tesis, la Magíster Candy Martel Ruiz, por su guía, orientación y paciencia a lo largo del desarrollo de mi tesis. Su compromiso y apoyo fueron fundamentales para alcanzar este resultado.

A mi amiga Lizeth Najarro, por su colaboración en el laboratorio, sus consejos y su constante disposición para ayudarme en cada etapa de esta tesis.

A todas las personas, que de una u otra manera, formaron parte de este proceso, les expreso mi más sincero agradecimiento.

Índice

Índice.....	iv
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. Introducción.....	1
1.1. Descripción y formulación del problema.....	1
1.2. Antecedentes	3
1.3. Objetivos	7
1.4. Justificación.....	8
1.5. Hipótesis.....	9
II. Marco teórico	10
2.1. Bases teóricas sobre la investigación	10
III. Método	18
3.1. Tipo de investigación	18
3.2. Ámbito temporal y espacial.....	18
3.3. Variables.....	18
3.4. Población y muestra	18
3.5. Instrumentos	19
3.6. Procedimiento.....	20
3.7. Análisis de datos.....	32
3.8. Consideraciones éticas	32
IV. Resultados.....	34
V. Discusiones	49
VI. Conclusiones.....	53
VII. Recomendaciones	54
VIII. Referencias.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Concentraciones de híbrido Graptoveria	25
Tabla 2 Soluciones del antioxidante Trolox preparadas	27
Tabla 3 Concentraciones de los estándares de quercetina junto con los promedios de sus absorbancias y desviaciones estándar	31
Tabla 4 Absorbancias obtenidas por triplicado de las 8 soluciones de Trolox con sus respectivos promedios.....	36
Tabla 5 Datos obtenidos del promedio de las absorbancias y sus respectivas desviaciones estándar	37
Tabla 6 Datos obtenidos del promedio de las absorbancias y sus respectivos porcentajes de inhibición de cada solución de trolox	38
Tabla 7 Interpretación del IC50	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Molécula 2,2-difenil-1-picrilhidrazil.....	11
Figura 2 Estructura química de los flavonoides.....	12
Figura 3 Estructura química de los alcaloides (Morfina)	14
Figura 4 Equipo de percolación en el laboratorio.....	14
Figura 5 Esquema de un espectrofotómetro	15
Figura 6 Ejemplares de híbridos Graptoveria (Graptopetalum x Echeveria)	17
Figura 7 muestra triturada humedecida en alcohol por dos horas	21
Figura 8 Montaje del equipo del percolador.....	22
Figura 9 Primera etapa del proceso de extracción	23
Figura 10. Extracto concentrado.....	23
Figura 11 Extracción hidroalcohólica de hojas de híbrido Graptoveria	24
Figura 12 Soluciones preparadas para la prueba de DPPH de extracto hidroalcohólico diluido	26
Figura 13 Antioxidante de referencia Trolox	26
Figura 14 Producto final de la prueba de Dragendorff en el extracto hidroalcohólico de híbrido Graptoveria	28
Figura 15 Producto final de la prueba de Shinoda en el extracto hidroalcohólico de híbrido Graptoveria	29
Figura 16 Reactivos de AlCl ₃ y Acetato de potasio listos para ser preparados	30
Figura 17 Soluciones a distintas concentraciones del estándar quercetina y la solución del extracto hidroalcohólico reaccionando con el AlCl ₃	31
Figura 18 Espectrofotómetro UV visible Thermo Spectronic	32
Figura 19 Concentración de Trolox Vs Absorbanci	38
Figura 20 Concentración de antioxidante Trolox versus porcentaje de inhibición de	

antioxidante.....	39
Figura 21 Concentración versus la absorbancia del extracto hidroalcohólico.....	41
Figura 22 Concentración versus porcentaje de inhibición del extracto etanólico de híbrido Graptoveria	42
Figura 23 Comparación gráfica de los valores de IC50.....	44
Figura 24 Curva de calibración con quercetina	46
Figura 25 Mecanismo propuesto de reacción del reactivo de Dragendorff con un alcaloide (Raal et al., 2020).....	51
Figura 26 Mecanismo propuesto de la reacción de Shinoda	51

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la actividad antioxidante y el contenido de flavonoides totales del extracto hidroalcohólico de hojas de híbrido *Graptoveria*. Para lo cual, se obtuvo un extracto mediante el método de percolación con etanol al 96% logrando un rendimiento del 23,2% respecto a la materia seca, lo que evidencia la eficiencia del método. La actividad antioxidante fue determinada por el método DPPH, obteniéndose un valor de IC₅₀ de 1.47 mg/mL, lo que indica una capacidad antioxidante moderada-alta en comparación con el estándar Trolox, el cual obtuvo un IC₅₀ de 0.413 mg/mL, indicando una actividad antioxidante potente. Dentro de la investigación, también se realizaron los ensayos fitoquímicos cualitativos de Dragendorff y Shinoda, los cuales confirmaron la presencia de alcaloides y flavonoides. Asimismo, el contenido total de flavonoides cuantificado mediante el método del tricloruro de aluminio usando quercetina como estándar fue de 3.50 mg EQ/g de extracto seco, lo que comprueba que la especie *Graptoveria* presenta una fuente potencial de compuestos fenólicos bioactivos. Los resultados obtenidos, respaldan la importancia de esta suculenta como recurso natural con posible aplicación en la elaboración de productos con propiedades antioxidantes.

Palabras clave: extracto hidroalcohólico, *graptoveria*, actividad antioxidante, flavonoides, IC₅₀, metabolitos secundarios, suculentas

Abstract

This study aimed to evaluate the antioxidant activity and total flavonoid content of the hydroalcoholic extract obtained from the leaves of the hybrid *Graptoveria*. The extract was prepared using the percolation method with 96% ethanol, achieving a yield of 23.2% relative to dry matter, which demonstrates the efficiency of the extraction process. Antioxidant activity was determined by the DPPH method, obtaining an IC_{50} value of 1.47 mg/mL, indicating moderate antioxidant capacity compared to the standard antioxidant Trolox ($IC_{50} = 0.413$ mg/mL). Qualitative phytochemical tests using Dragendorff and Shinoda reagents confirmed the presence of alkaloids and flavonoids, respectively secondary metabolites associated with antioxidant and pharmacological properties. The total flavonoid content, quantified by the aluminum chloride colorimetric method using quercetin as a standard, was 3.50 mg QE/g of dry extract, positioning *Graptoveria* as a potential source of bioactive phenolic compounds. Overall, the results highlight the relevance of this succulent plant as a natural resource with potential applications in the development of products with antioxidant properties.

Keywords: hydroalcoholic extract; *graptoveria*; antioxidant activity; flavonoids; IC_{50} ; secondary metabolites; succulents

I. Introducción

1.1. Descripción y formulación del problema

Hoy en día, gracias a diversas investigaciones científicas, se afirma que el uso de plantas en la alimentación es muy importante, debido a la actividad antioxidante que poseen, lo que permite reducir o eliminar el estrés oxidativo generado en el primer proceso de oxidación del metabolismo humano, provocando efectos nocivos a nivel celular (Guerra y Poma, 2023). En pocas palabras la actividad de los metabolitos está en las plantas permite generar un equilibrio con los radicales libres o especies reactivas de oxígeno (ERO), previniendo así enfermedades cardiovasculares, cáncer, diabetes, enfermedades neurodegenerativas, entre otros (Hernández et al., 2022).

Los radicales libres o especies reactivas de oxígeno son compuestos uno con más electrones desapareados y cumplen una función importante en la estabilidad de la homeostasis de los seres humanos (Lilloa, 2024). Estos radicales libres realizan reacciones de oxido-reducción (REDOX) en el primer proceso del metabolismo humano, actuando como agentes protectores frente a virus y bacterias, por lo que nuestro propio cuerpo las produce, sin embargo, la liberación o producción de estas sustancias tiene que ser controlado con una dosis adecuada de un antioxidante (Hernández-Moreno et al., 2022).

Frente a esta problemática, tras estudios científicos, se ha comprobado que el uso de antioxidantes ayuda a controlar o mantener la estabilización de la cantidad de radicales libre o ERO (especies reactivas de oxígeno) otorgados por nuestro cuerpo, para así mantener las funciones adecuadas del sistema homeostático (Cervantes-López et al., 2024). Se resalta que el exceso de producción de radicales libre debido a factores externos como por ejemplo los contaminantes atmosféricos, estar expuesto a pesticidas y herbicidas, así como también se debe al consumo en exceso de alimentos malos para la salud como los productos grasos que provocan

la activación del estrés oxidativo (Guerra y Poma, 2023).

Debido a lo mencionado anteriormente, se escogió la suculenta híbrido *Graptopoveria*, que resulta del cruce de los géneros *Graptopetalum* y *Echeveria*, porque también es muy utilizada para combatir varias enfermedades como diarrea, dolores inflamatorios, dolor de cabeza, fiebre, entre otros; sin embargo, algunas de sus propiedades medicinales no han sido comprobadas aun científicamente en la especie híbrido *Graptopoveria* (Zúñiga y Carrodegua, 2021). Acerca de las investigaciones relacionadas al género *xGraptopoveria 'Rowley'*, se comprobó que la especie *E. Leucotricha* presenta actividad microbiana; también se descubrió que la especie *E. gibbiflora* tiene capacidad anticonceptiva, se evaluó también el contenido de compuestos antioxidantes y el proceso antimicrobiano por reprimir la alfa-glucosidasa en 3 especies: *E. craigiana*, *E. kinnachii* y *E. subrigida* (Zúñiga y Carrodegua, 2021).

Los resultados obtenidos buscarán la concientización de utilizar diariamente antioxidantes naturales por sus grandes beneficios para la salud, ello provocaría que se realicen más investigaciones de otras suculentas que aún no han sido estudiadas, con el objetivo también de mejorar los métodos de conservación del área geográfica donde se cultivan las suculentas o cactus (Lilloa, 2024).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿El extracto hidroalcohólico de hojas de híbrido *Graptopoveria* presenta actividad antioxidante, flavonoides y alcaloides?

1.2.2. Problemas específicos

¿El extracto hidroalcohólico de hojas de híbrido *Graptopoveria* presenta flavonoides identificados en los resultados del ensayo de Shinoda?

¿El ensayo de Dragendorff detecta la presencia de alcaloides en el extracto alcohólico de hojas de híbrido *Graptopoveria*?

¿El método del tricloruro de aluminio permite cuantificar flavonoides totales en el extracto hidroalcohólico de hojas de híbrido *Graptoveria*?

¿El extracto hidroalcohólico de hojas híbrido *Graptoveria* presenta actividad antioxidante mediante el método de DPPH?

1.2. Antecedentes

1.3.1. Antecedentes nacionales

Malpica-Acosta et al. (2022), en su estudio titulado *Efecto de tres métodos de extracción en el rendimiento, actividad antioxidante, fenoles totales y estabilidad de extractos de hojas de Plectranthus amboinicus*, demostraron que el rendimiento de una extracción depende del tipo de método empleado, para ello utilizaron 3 métodos: método condicional por agitación, método asistido por baño ultrasonidos y asistido con sonda de ultrasonido, empleando como muestra vegetal las hojas de *Plectranthus amboinicus*, de los métodos empleados, el que resultó más beneficioso fue el ultrasonido ya que se pudo obtener un mejor rendimiento en la cantidad de flavonoides; también se empleó el método cromatográfico obteniendo en su estudio una concentración de 7,2g/mL de flavonoides; de igual manera la especie vegetal también pasó por un proceso de análisis para analizar su proceso antioxidante mediante el método DPPH, finalmente concluyeron que la especie vegetal en estudio tiene buena actividad antioxidante.

Rojas et al. (2019) en su estudio titulado *Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de la cáscara de Sanky Corrycactus brevistylus*, realizaron una extracción mediante el ultras acerca de la cáscara de Saski, ellos especificaron que el empleo del método de ultrasonido es importante y beneficioso, ya que recupera algunas soluciones bioactivas de los residuos agroindustriales producto de la contaminación del suelo. Esta especie vegetal yace en los Andes del Perú y sirve de alimentación para los pobladores de la zona, el provecho de la extracción del aceite esencial se realizó tomando en cuenta la concentración, tiempo y temperatura con el fin de poder recuperar todos los compuestos fenólicos de la especie vegetal

como los flavonoides. Finalmente concluyeron que la variable más relevante fue el proceso de extracción, puesto que está influenciado directamente en la estructura de la cáscara de sanky, la cual presentó 10,74 % de humedad, 9,19 % de proteína, 14,75 % de cenizas, 2,68 % de grasa, 16,39 % de fibra y 46,25 % de extracto libre de nitrógeno.

Aronés-Jara et al. (2022), en su estudio titulado *Tamizaje fitoquímico de compuestos fenólicos y potencial antioxidante de trece plantas medicinales de los afloramientos rocosos del bosque de piedras de Huaraca en Perú*, realizaron un tamizaje fitoquímico de 13 plantas medicinales provenientes del bosque de piedras de Huaraca, siendo el propósito identificar sus compuestos fenólicos a través del método colorimétrico del reactivo de Folin-Ciocalteu y evaluar su actividad antioxidante. A partir del análisis fitoquímico se evidenció que los extractos etanólicos contenían flavonoides, fenoles totales y antocianinas; además, el extracto de las hojas de *Brachyotum naudinii* destacó por presentar la mayor concentración de compuestos fenólicos ($386,3 \pm 9,7$ mg GAE/g) y un notable potencial antioxidante (CI50: $42,9 \pm 1,2$ μ g/mL), por lo que se concluyó que las 13 especies analizadas poseen una alta capacidad antioxidante y podrían contribuir significativamente al bienestar humano.

Castañeda et al. (2023), en su estudio titulado *Plantas medicinales que se expande en el mercado de Barranca para aliviar las afecciones respiratorias*, investigaron acerca de la relación entre el rendimiento de las plantas medicinales y el alivio de enfermedades respiratorias. Las plantas fueron recolectadas en el mercado de Barranca llamado El Milagro en Perú. La investigación se focalizó en pobladores entre la edad de 20 y 60, de ambos sexos, los datos fueron recolectados por semana y tuvieron análisis estadísticos de los 60 trabajadores que formaron parte de la investigación. Los resultados determinaron que los trabajadores consumieron plantas medicinales como eucalipto en mayor cantidad (75%) y Huamanripa para combatir las afecciones del COVID 19.

Seminario et al. (2024), en su estudio *Riqueza y uso de la flora medicinal de la región Cajamarca (norte del Perú): un compendio de 1988 a 2022*, realizaron una serie de análisis sobre la riqueza de las plantas medicinales en Cajamarca, Perú y tomaron los archivos desde 1988 hasta el 2022, en la que destacaron estudios de botánica, geografía, categorías, clases, aplicaciones de afecciones en la medicina tradicional. El estudio se basó en 1115 especies de 141 familias, sobresaliendo: Las Steraceae, Fabaceae, Lamiaceae y Solanaceae. En su mayoría de las especies estudiadas estas especies son principalmente herbáceas, nativas y de crecimiento silvestre, mientras que menos del 20 % corresponde a variedades cultivadas; además, se distribuyen en su mayoría dentro del piso mesotropical. En total, se identificaron 91 especies endémicas del Perú, de las cuales 10 son características de la Reserva de la Cordillera (RC). Asimismo, se registró que 59 de ellas se encuentran dentro de alguna categoría de amenaza y 18 están clasificadas de tipo peligro crítico, de acuerdo con la normativa nacional vigente; basado en la distribución geográfica y climática de las especies vegetales.

Bonilla et al. (2019), en su estudio titulado *Caracterización de flavonoides en el extracto alcohólico de hojas de *Apium graveolens* var. *Rapaceum*, DC*, realizaron una caracterización de flavonoides en el extracto metanólico de las hojas de *Apium graveolens* var. *rapaceum* (apio-nabo). Luego se realizó un análisis fitoquímico para identificar qué compuestos estaban presentes en el extracto, utilizando varios reactivos como gelatina, tricloruro férrico, Shinoda, Dragendorff y Ninhidrina, entre otros. Además, se aplicaron técnicas como la cromatografía en capa fina y la espectroscopía UV/Vis, lo que ayudó a sugerir posibles estructuras químicas de los flavonoides detectados en el extracto y subextracto metanólico de las hojas. Finalmente, se observó que el extracto metanólico era soluble en solventes polares y que contenía metabolitos secundarios como compuestos fenólicos, flavonoides, taninos y alcaloides.

1.3.2. Antecedentes internacionales

Alcántara et al. (2023), en su estudio *Antioxidantes en las plantas aromáticas y*

medicinales, una opción en la salud humana, identificaron los compuestos antioxidantes presentes en 28 especies de plantas aromáticas y medicinales conservadas en un instituto de investigación en Colombia, con el propósito de contribuir a la mejora de la calidad de vida mediante el aprovechamiento de sus propiedades nutricionales. Mediante métodos volumétricos se determinaron compuestos fenólicos como la quercetina, un flavonoide con capacidad para neutralizar los radicales libres. Los autores concluyeron que el consumo de antioxidantes naturales derivados de plantas ofrece atenciones en la salud de origen sintético, siempre manteniendo una dosis adecuada.

Venegas et al. (2019), en su estudio titulado *Evaluación fitoquímicas preliminar del extracto metanólico y etanólico de las flores de Cordia lutea Lam. (Baraginaceae) y su capacidad antioxidante*, demostraron que las especies vegetales analizadas presentaron una notable actividad antioxidante. Mediante métodos cromatográficos, identificaron compuestos fenólicos, leucoantocianidinas y, principalmente, flavonoides. La suficiencia de los extractos para actuar como antioxidantes se analizó a través del método DPPH, evidenciándose que el extracto etanólico presentó una mayor capacidad, alcanzando un valor de 1,75 mg de ácido ascórbico por gramo de muestra seca y un IC50 de 0,329 $\mu\text{g/mL}$. Del mismo modo, el análisis de flavonoides mediante cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) evidenció la presencia de $60,63 \pm 0,34$ mg de rutina y $0,558 \pm 0,59$ mg de quercetina por gramo de muestra seca. Por ello, los autores concluyeron que esta especie vegetal presenta un importante potencial antioxidante, lo que sugiere que su consumo habitual podría contribuir a la prevención de distintas enfermedades en el ser humano.

Velendia (2023), en su investigación titulada *Extracción y aislamiento de flavonoides en hojas de Chromolaena sp. y determinación de su actividad citotóxica*, determinó que el extracto etanólico de la especie vegetal *Chromolaena sp.* presentó en su composición flavonoides, ya que su concentración estuvo dentro de los parámetros establecidos; la extracción etanólica se realizó

por maceración, seguidamente se procedió a realizar el fraccionamiento con el fin de poder aislar y purificar los tipos de flavonoides presentes en la especie vegetal, se extrajeron dos compuestos los cuales fueron elucidados por técnicas espectroscópicas (RMN): Apigenina y 5,7-dimetoxikhaemperol. Finalmente se procedió a realizar la prueba de citotoxicidad de la Apigenina empleando el ensayo de MTT. En las células cancerígenas de mama se obtuvo un valor de C50 de 16,45 ug/mL demostrando. En conclusión, la especie vegetal sí tiene un buen potencial efecto citotóxico frente a células tumorales.

Velázquez et al. (2024), en su estudio titulado *Aloe Vera: capacidad antioxidante y uso potencial como agente terapéutico en el tratamiento del alzheimer mediante evaluación in sílico*, extrajeron el gel del Aloe Vera y realizaron estudios fitoquímicos con el fin de dimensionar y cuantificar los compuestos fenólicos de la muestra vegetal, de la misma manera utilizaron el método DPPH y ABTS para evaluar el proceso antioxidante, la muestra vegetal se adquirió en los mercados de la ciudad de México. Los extractos fueron preparados con metanol para realizarles la prueba de DPPH y ABTS, los cuales tuvieron valores de 1.35 ± 1.05 mg/mL y 66.48 ± 0.34 mg/mL respectivamente, la cuantificación de compuestos fenólicos se realizó por medio del ultrasonido, el cuál arrojó un valor de flavonoides de 7.07 ± 0.05 mg EAG/100 g, por lo que concluyeron que el gel del Aloe vera tiene actividad antioxidante, demostrando que su uso en el tratamiento de personas con Alzheimer es muy beneficioso.

1.3. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Evaluar actividad antioxidante y detectar presencia de flavonoides y alcaloides en el extracto hidroalcohólico de hojas de híbrido *Graptoveria*.

1.5.2. Objetivos Específicos

Detectar la presencia de flavonoides en el extracto hidroalcohólico de hojas de híbrido *Graptoveria* mediante el ensayo de Shinoda.

Detectar la presencia de alcaloides en el extracto hidroalcohólico de hojas de híbrido

Graptopoveria mediante el ensayo de Dragendorff.

Cuantificar el contenido total de flavonoides en el extracto hidroalcohólico de hojas de híbrido *Graptopoveria* utilizando el método del tricloruro de aluminio.

Evaluar la actividad antioxidante del extracto hidroalcohólico de hojas de híbrido *Graptopoveria* mediante el método del radical DPPH.

1.4. Justificación

El uso del híbrido *Graptopoveria* como antioxidante natural puede aportar al bienestar de la población al proporcionar una alternativa accesible y efectiva para combatir el estrés oxidativo en el organismo, debido a que los antioxidantes naturales contribuyen a la reducción del riesgo de enfermedades crónicas tales como el cáncer, las afecciones cardiovasculares y neurodegenerativas. Asimismo, su uso puede reducir la dependencia de antioxidantes sintéticos, los cuales pueden tener efectos secundarios adversos. Por ello, promover su cultivo y aplicación en la medicina natural fomenta la educación sobre plantas medicinales y el desarrollo de hábitos saludables en la comunidad.

La producción y comercialización de antioxidantes naturales derivados del híbrido *Graptopoveria* pueden impulsar la economía local y regional, ya que su cultivo es de bajo costo y ayudaría a generar oportunidades para pequeños productores agrícolas y emprendedores en la industria cosmética, farmacéutica y alimentaria. Además, el mercado de antioxidantes naturales está en crecimiento, ya que los consumidores buscan productos más saludables y sostenibles. Esto puede traducirse en una ventaja competitiva para los sectores que incorporen esta planta en sus productos.

El cultivo del híbrido *Graptopoveria* es una opción ecológica, ya que es una planta suculenta de bajo requerimiento hídrico, lo que contribuye al ahorro de agua y al mantenimiento de ecosistemas sostenibles. Por lo que, su producción puede realizarse sin el uso de agroquímicos dañinos, logrando reducir la contaminación del suelo y del agua. Además, el desarrollo de

antioxidantes naturales según fuentes vegetales promueve la reducción de residuos tóxicos derivados de la síntesis química de antioxidantes artificiales, minimizando así su impacto ambiental. Por consiguiente, el aprovechamiento del híbrido *Graptoveria* como fuente de antioxidantes naturales representa una solución innovadora y sostenible con beneficios sociales, económicos y ambientales.

1.5. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis General

El extracto hidroalcohólico de hojas de híbrido *Graptoveria* contiene metabolitos secundarios, como flavonoides y alcaloides, con potencial actividad antioxidante detectable mediante el método DPPH.

1.6.2. Hipótesis Específicas

El extracto hidroalcohólico de hojas de híbrido *Graptoveria* contiene flavonoides identificables mediante el ensayo de Shinoda.

El extracto hidroalcohólico de hojas de híbrido *Graptoveria* presenta alcaloides detectables mediante el ensayo de Dragendorff.

El método del tricloruro de aluminio permite cuantificar el contenido total de flavonoides presentes en el extracto hidroalcohólico de híbrido *Graptoveria*.

El extracto hidroalcohólico de hojas de híbrido *Graptoveria* posee actividad antioxidante medible mediante el ensayo de DPPH.

II. Marco teórico

2.1. Bases teóricas sobre la investigación

2.1.1. *Los antioxidantes*

Es una sustancia presente de manera natural en los alimentos o producida de forma sintética, que puede incorporarse fácilmente a la dieta diaria. Su función principal consiste en prevenir el daño celular provocado por las especies reactivas de oxígeno (ERO) o radicales libres, por lo cual su consumo regular contribuye a mejorar la salud y a prevenir diversas enfermedades asociadas a daños fisiológicos que pondrían el peligro la salud de las personas (Murcia y Del Rosario, 2021).

2.1.2. *Método DPPH para la evaluación de la actividad antioxidante*

El método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) es un procedimiento muy sencillo, ya que no requiere de una instrumentación muy sofisticada, solo se necesita de un espectrofotómetro. El DPPH es un radical libre estable de color púrpura intenso debido a su absorción máxima en el rango de 515 nm-520 nm. El DPPH es un compuesto químico que se vende como un radical libre y se usa con frecuencia para medir la determinación antioxidante en cuanto a diversas sustancias, por lo que principalmente el fundamento está basado en la cuantificación de la capacidad del antioxidante de obtener radicales, lo que se refleja en un cambio de color detectable (Mejía-Reyes et al., 2021).

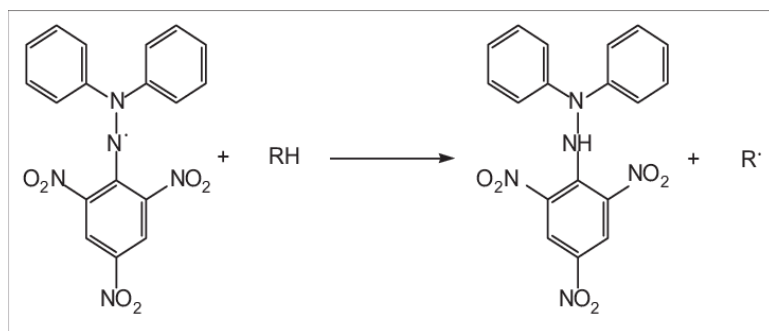
El radical DPPH, en su estado natural y estable presenta una coloración azul-violeta (púrpura), el cual va cambiando de forma progresiva cuando entra en contacto con la muestra que puede ser un extracto vegetal o un alimento que contiene posiblemente la actividad antioxidante. Para poder medir la actividad, se emplea el espectrofotómetro a una absorbancia de 517nm y para la cuantificación se utiliza soluciones estándar como vitamina C o Trolox (Cuesta y Mogrovejo, 2020).

En este método, el proceso antioxidante se puede expresar tomando el porcentaje de inhibición del radical DPPH, este porcentaje representa la capacidad que tiene el extracto para

poder reducir el color púrpura y su intensidad del radical libre, teniendo en cuenta la concentración de las soluciones. Según los valores resultantes de inhibición de las distintas concentraciones se puede calcular el IC_{50} , que representa la cantidad necesaria de antioxidante para cohibir el 50% de los radicales libres de DPPH. Si el IC_{50} de una muestra reporta un valor bajo, quiere decir que el compuesto presenta una alta capacidad antioxidante comparándola con los valores reportados de estándares como el Trolox (Kalpoutzakis et al., 2023).

Figura 1

Molécula 2,2-difenil-1-picrilhidrazil



2.1.3. Flavonoides

Son sustancias naturales que forman parte de los metabolitos secundarios de las plantas y se destacan por su gran poder antioxidante y los múltiples beneficios que aportan a la salud. Están presentes en gran cantidad en alimentos de origen vegetal como frutas, verduras, hierbas, té, vino tinto y chocolate (Collado et al., 2020). En especial, los flavonoides son compuestos polifenólicos que tienen una estructura formada por 15 átomos de carbono distribuidos en dos anillos aromáticos conectados por una cadena de tres carbonos que genera un anillo tipo pirano. Además, se clasifican en distintas subclases según su estructura química, como las flavonas (apigenina), flavonoles (quercetina), flavanonas (catequina), isoflavonas (genisteína) y antocianinas (cianidina) (Cuesta y Mogrovejo, 2020). Estos compuestos resultan beneficiosos para la salud, ya que actúan como potentes antioxidantes y contribuyen a la salud cardiovascular al disminuir el colesterol LDL (“malo”) y aumentar el colesterol HDL (“bueno”). Además,

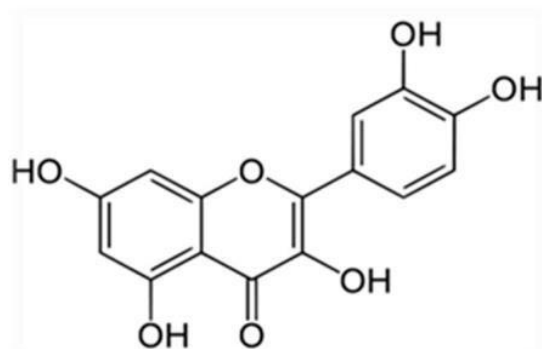
favorece la circulación sanguínea, refuerza el sistema inmunológico; así como también, contribuye al cuidado de la piel y protege contra el envejecimiento prematuro (Prasniewski et al., 2021).

Para poder determinar los tipos de flavonoides presentes en un extracto de forma cualitativa, se emplea el ensayo de Shinoda, ya que es un procedimiento rápido y sencillo utilizado en química de productos naturales para la identificación preliminar de flavonoides en extractos vegetales (Hernández-Moreno et al., 2022), entonces para la identificación de este metabolito secundario, el color rojo indica la presencia de flavonas o flavonoles y el color naranja o rosa indica flavanonas o flavonoles y el color naranja-rojizo con una leve precipitación indica presencia de flavonoides (Valdez, 2021).

Para la contabilidad de los flavonoides totales, el proceso del tricloruro de aluminio es fundamental, ya que permite cuantificar estos metabolitos secundarios mediante la estructuración de un complejo estable entre el ión Al^{+3} y los grupos funcionales de flavonoides, generando al final una coloración amarilla dependiendo de su concentración. Por lo que se especifica que el método es práctico, rápido, sensible y específico para compuestos fenólicos (Kalpoutzakis et al., 2023).

Figura 2

Estructura química de los flavonoides



Alcaloides

Son compuestos orgánicos de origen natural compuestos por nitrógeno en su estructura química y suelen ejercer efectos fisiológicos notables en los seres vivos, asistiendo en diferentes procesos biológicos y metabólicos. Ubicados principalmente en plantas, aunque también pueden aparecer en algunos hongos y animales (Balam, 2024). Estos metabolitos contienen nitrógeno en su estructura, generalmente en un anillo heterocíclico, por lo que pueden reaccionar con los ácidos para generar sales solubles en agua. Según estudios reportados sobre estas sustancias orgánicas, muchos alcaloides tienen efectos farmacológicos, tóxicos o psicoactivos, debido a ello, su consumo debe de ser moderado y con indicación médica adecuada. Con respecto a su zona geográfica, los alcaloides se encuentran en muchas plantas, especialmente en familias como las Solanáceas, Papaveráceas y Fabáceas (Mendoza-León et al., 2022).

Ejemplos de alcaloides y sus efectos:

Morfina (del opio): Potente analgésico.

Cocaína (de la coca): Estimulante del sistema nervioso central.

Nicotina (del tabaco): Estimulante y adictivo.

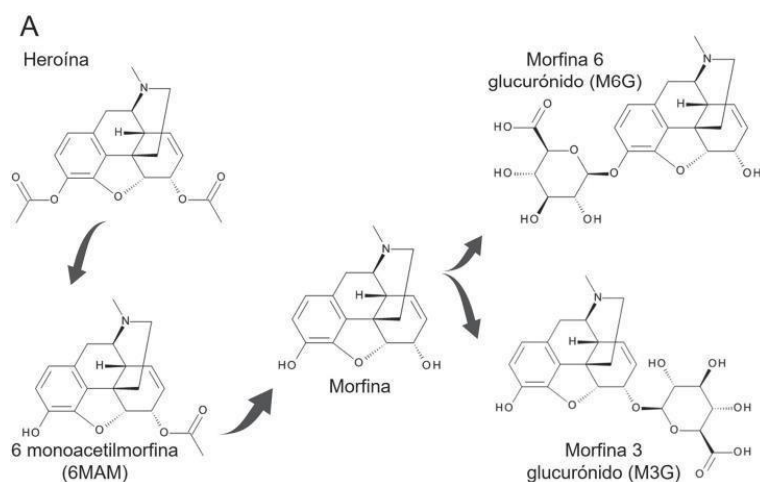
Cafeína (del café y té): Estimulante leve.

Quinina (de la quina): Usada contra la malaria (Mendoza-León et al., 2022).

Debido a sus efectos en el cuerpo humano, los alcaloides tienen aplicaciones en medicina, pero algunos también pueden ser tóxicos o adictivos (Balam, 2024). Para poder hacer un análisis fitoquímico de alcaloides se emplea el ensayo de Dragendorff, ya que es una tentativa cualitativa utilizada para la detección de alcaloides en extractos vegetales, que se extraen mediante maceración o percolación con solventes ácidos como HCl diluido o ácido acético, para que finalmente se filtre el extracto y se concentre si es necesario. El surgimiento de un precipitado anaranjado, rojo o marrón evidencia la presencia de alcaloides (Carbajal, 2023).

Figura 3

Estructura química de los alcaloides (Morfina)

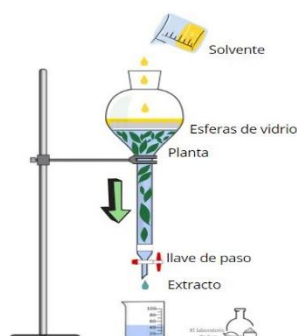


2.1.4. Método de percolación para la extracción

Consiste en hacer pasar un solvente mediante del material triturado, muchas veces tamizado para poder extraer los metabolitos bioactivos presentes en la muestra. Este método es continuo, lo que favorece una mayor eficiencia de extracción, ya que el solvente se mantiene en contacto con la muestra por mucho tiempo. Sin embargo, su rendimiento puede ser afectado por causas como: el tipo de solvente, tamaño de partícula, temperatura, tiempo de percolación y la proporción sólido-líquido. Pese a las observaciones mencionadas, este método es muy utilizado por su sencillez y por preservar compuestos termosensibles como flavonoides y alcaloides (Ramos y Villacorta, 2022).

Figura 4

Equipo de percolación en el laboratorio

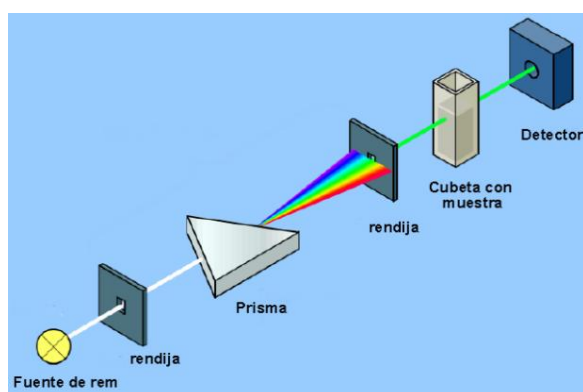


2.1.5. Fundamento del espectrofotómetro y su relación con el método DPPH y la determinación de flavonoides totales

El espectrofotómetro es un instrumento muy empleado en química orgánica, es un instrumento que determina la cantidad de luz absorbida a una longitud de onda específica, con el propósito de cuantificar la concentración de los compuestos presentes en una muestra. Por lo que, en los análisis de antioxidantes, este equipo es fundamental, ya que en el método de DPPH se mide la reducción en la absorbancia del radical libre de DPPH, dependiendo la concentración del antioxidante presente en el extracto, mientras que en la determinación de flavonoides totales evaluándose la intensidad de color formado por el complejo flavonoide- $AlCl_3$, teniendo en cuenta las concentraciones de cada solución (Gutiérrez y Salazar, 2023).

Figura 5

Esquema de un espectrofotómetro



2.2. Estudio taxonómico del material vegetal

2.2.1. Híbrido *Graptoveria*

El híbrido presenta rosetas compactas de hojas gruesas y carnosas, es una especie de suculentas híbrido originario de México, que pertenece al género *xGraptoveria* "Rowley" y a la familia Crassulaceae; por lo que resulta del cruce entre el género *Echeveria* y *Graptopetalum*. Cabe mencionar, que su resistencia y estética atractiva la hacen ideal para macetas decorativas y jardines de suculentas (Zúñiga y Carrodegas, 2021).

2.2.2. Características principales

- **Hojas:** Las hojas tienen un acabado ceroso que les otorga una textura suave. Las *Graptoverias* presentan hojas pequeñas, carnosas y con forma de roseta, de colorimetría

verde pálido con tonos grisáceos o azulados, que pueden mostrar un rubor rosado en los bordes bajo luz intensa o en condiciones de estrés.

- **Flores:** Produce flores pequeñas en racimos, con pétalos de color rosa pálido o crema, por lo que florece principalmente en primavera.
- **Tamaño:** Las rosetas individuales suelen medir entre 2 y 5 cm de diámetro.

Cuidados básicos

- **Luz:** Las *Graptoverias* prefieren una iluminación brillante e incluso toleran cierta exposición al sol directo; sin embargo, se recomienda evitar la radiación solar intensa del medio día para prevenir posibles quemaduras en las hojas.
- **Riego:** Estas suculentas, requieren un riego moderado, dejando secar completamente el sustrato entre riegos, por lo que es susceptible al exceso de agua.
- **Sustrato:** Se requiere de un sustrato bien drenado, como una mezcla específica para cactus y suculentas.
- **Temperatura:** Las *Graptoverias* toleran bien el calor, el clima ideal para ellas es entre 18°C y 25°C; pero, no resiste temperaturas por debajo de los 0 °C durante períodos prolongados.
- **Propagación:** Se sugiere retirar los hijuelos y así poder plantarlos en otro contenedor. También se logra la propagación mediante hojas que hayan caído. Se multiplican por esquejes de hojas o por separación de hijuelos (Zúñiga y Carrodegua, 2021).

Figura 6

Ejemplares de híbridos Graptoveria (Graptopetalum x Echeveria)



III. Método

3.1. Tipo de investigación

Exploratorio-Cuantitativo-Aplicada

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. Espacial (Geográfica)

Laboratorio de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas (UNFV)

3.2.2. Temporal

El tiempo previsto para el desarrollo de la investigación fue de un año, durante el cual se llevaron a cabo la recolección de muestras, el desarrollo teórico, la aplicación de la metodología y el análisis de los resultados.

3.3. Variables

3.3.1. Variable independiente

Extracto hidroalcohólico de hojas de híbrido *Graptopveria*

3.3.2. Variables dependientes

Contenido de flavonoides totales y actividad antioxidante

3.4. Población y muestra

Se recolectó aproximadamente 5 kilos de la muestra vegetal en un herbario situado en Huancayo-Junín, llamado sembrando vida, en donde se siembra y mantiene la suculenta híbrido *Graptopveria*.

El lugar se encuentra a 3465 msnm, la temperatura ambiental oscila según las estaciones entre -5°C y 23°C, condiciones aptas para su desarrollo y conservación. Luego de ello, se llevó una muestra representativa al Herbario del Museo Nacional de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos para poder obtener la comprobación taxonómica y etnobotánica de la suculenta híbrido *Graptopveria* (Anexo 1).

3.5. Instrumentos

- Hojas de híbrido *Graptoveria* (aproximadamente 5 kilos).
- Hipoclorito de sodio (legía).
- Etanol al 96%.
- Agua destilada.
- DPPH.
- Matraz de 250mL.
- Espátulas.
- Papel aluminio.
- Probeta de 100mL.
- Reactivo de $AlCl_3$ al 10%.
- Quercetina 500ug/ml.
- Trolox.
- Carbonato de sodio.
- HCl concentrado .
- Ácido nítrico
- 1 granalla de magnesio metálico.
- Vasos precipitados.
- Fiolas aforadas.
- Parafina.
- Micropipeta automática
- Portapipetas.
- 8 tubos de ensayo.
- PH metro.
- Placa petric.

- Estufa de secado.
- Rotavapor.
- Mufla.
- Balanza analítica.
- Espectrofotómetro UV visible.

3.6. Procedimiento

3.6.1. Selección de la muestra

La suculenta híbrido *Graptopoveria*, originaria de México, se recolectó en un herbario situado en Huancayo-Junín, llamado sembrando vida, en donde se siembra y mantiene la suculenta híbrido *Graptopoveria*, el lugar se encuentra a 3465 msnm, la temperatura ambiental oscila según las estaciones entre -5°C y 23°C, por lo que es un buen clima para la especie vegetal en estudio. Primero, se recolectó aproximadamente menos de 1 kilo de la muestra y se llevó al Herbario del Museo Nacional de Historia Natural de la UNMSM con el objetivo de realizarle la determinación taxonómica (Anexo 1). De la especie híbrido *Graptopoveria*, se obtuvo un extracto etanólico empleando el método de percolación.

3.6.2. Tratamiento de la muestra

Para ello, se recolectó aproximadamente 5 kilos de la especie vegetal *Graptopoveria* y se seleccionó únicamente las hojas en buen estado (droga vegetal elegida). Inicialmente se limpió con solución de hipoclorito de sodio al 1% (legía), seguida de un enjuague. A continuación, las hojas se dejaron en remojo durante dos días, luego de ese tiempo se escurrieron completamente, obteniéndose una masa fresca de 345 gramos (Cáceres y López, 2021).

El procedimiento de secado se efectuó en una estufa de secado a 30°C durante aproximadamente 4 horas. Luego, se colocó en una mufla memmert a 40°C durante cerca de dos semanas, debido a que, por tratarse de un híbrido suculento, su deshidratación es más lenta que la de otras suculentas ornamentales, ya que requiere eliminar la humedad interna y superficial

(Hernández-Moreno *et al.* 2022).

Una vez finalizado el secado, la muestra se pesó en una balanza analítica Adventurer OHAUS, obteniéndose una masa seca de 51,75 g. Finalmente el material seco se molturó lo máximo que se pudo en un molino doméstico Philips SpeedTouch hasta obtener una trituración adecuada, la cual se empleó posteriormente en el proceso de percolación para la obtención del extracto (Cuesta y Mogrovejo, 2020).

3.6.3. Determinación del porcentaje de humedad de hojas de híbrido Graptoveria

El contenido de humedad de las hojas del híbrido *Graptoveria* se calculó mediante el método gravimétrico de pérdida por secado, obteniéndose un valor de 85% de humedad, lo cual indica que la planta posee un elevado contenido de agua, característico de las especies suculentas. El método gravimétrico permite analizar la proporción de agua hallada en la muestra vegetal, siendo un parámetro fundamental para expresar los resultados de extracción en base seca (Hernández-Moreno *et al.*, 2022).

Figura 7

muestra triturada humedecida en alcohol por dos horas



3.6.4. Obtención del extracto etanólico de hojas de la suculenta híbrido *Graptoveria*.

Para la preparación del extracto etanólico, fue de la siguiente manera:

La muestra previamente triturada se colocó dentro de un vaso de precipitaciones con capacidad de 100 ml y se humedeció con etanol al 96%, dejándola en reposo durante 2 horas (Figura 7).

Transcurrido este tiempo, la muestra se transfirió a un percolador de 1000 mL, colocando en la base un pedazo de algodón para facilitar la filtración. Se procuró que la muestra quedara bien compacta dentro del percolador.

A continuación, se agregó etanol al 96% como solvente hasta cubrir aproximadamente 2 cm por encima de la muestra y se tapó el percolador con papel parafina para evitar la entrada de agentes externos (Figura 8).

La percolación se realizó a goteo lento hasta completar la filtración, proceso que tuvo una duración aproximadamente de tres días (Hernández-Moreno et al., 2022).

Finalmente, el extracto obtenido se recolectó en un vaso de precipitados de 250 mL, se etiquetó correctamente y se almacenó en refrigeración en el laboratorio de orgánica de la UNFV (Cuesta y Mogrovejo, 2020).

Figura 8

Montaje del equipo del percolador



3.6.5. Concentración y obtención del rendimiento del extracto etanólico de hojas de la *suculenta híbrido Graptoveria*.

El filtrado obtenido se concentró mediante un rotavapor Hotplate and Stirrer Jenway 1000 a una temperatura de 40 °C, hasta lograr un residuo de consistencia seca o viscosa. El concentrado presentó un peso final de 12 g, a partir del cual se calculó el rendimiento del extracto, obteniéndose un valor de 23,2%, %, valor consistente con lo reportado en estudios previos (El Mannoubi et al., 2023).

Posteriormente el extracto concentrado se dividió en dos vasos de precipitados, cada vaso se tapó con papel parafina y se almacenó en refrigeración, con el objetivo de conservar su integridad para los análisis químicos adecuados.

Figura 9

Primera etapa del proceso de extracción



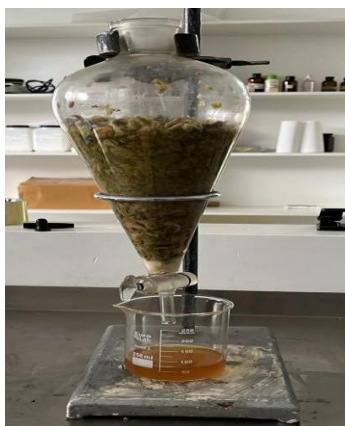
Figura 10.

Extracto concentrado



Figura 11

Extracción hidroalcohólica de hojas de híbrido Graptoveria



3.6.6. Evaluación del método del DPPH en el extracto etanólico de hojas de suculenta híbrido Graptoveria

Con el propósito de analizar la actividad antioxidante del extracto etanólico de hojas del híbrido Graptoveria a través el método DPPH, se elaboró previamente una solución madre a partir del mencionado extracto.

Dado que el extracto era líquido y su densidad desconocida, se pesó directamente 1 g de extracto usando la balanza analítica de alta precisión del laboratorio de la UNFV. Para ello, un vaso de precipitados pequeño se taró a cero y, con una pipeta graduada, se añadió lentamente el extracto hasta alcanzar 1 g exacto (Hernández-Moreno et al., 2022).

El extracto seco se transfirió a un matraz adecuado y se disolvió en 10 mL de etanol al 96 %, obteniéndose una concentración final de 0,1 g/mL, equivalente a 100 mg/mL. Esta solución se empleó posteriormente en los ensayos con DPPH para evaluar la capacidad antioxidante del extracto. Luego de la preparación de la solución madre, se prepararon 8 soluciones a diferentes concentraciones en tubos de ensayo con ayuda de micropipetas automáticas (Tabla 1).

Tabla 1*Concentraciones de híbrido Graptoveria*

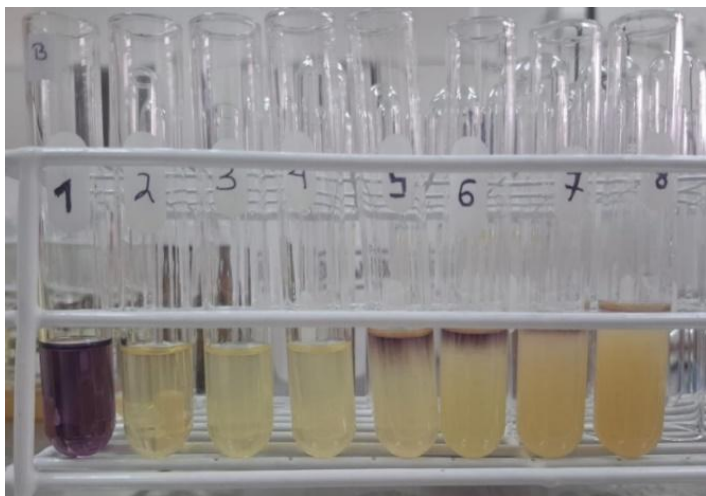
Solución	Preparación	Concentración mg/ml
1	100 uL de etanol	0.00 mg/mL
2	1 uL de extracto hidroalcohólico diluido 1/10 + 99 uL de etanol	0.10 mg/mL
3	2 uL de extracto hidroalcohólico diluido 1/10 + 98 uL de etanol	0.20 mg/mL
4	5 uL de extracto hidroalcohólico diluido 1/10 + 95 uL de etanol	0.50 mg/mL
5	10 uL de extracto hidroalcohólico diluido 1/10 + 90 uL de etanol	1.00 mg/mL
6	20 uL de extracto hidroalcohólico diluido 1/10 + 80 uL de etanol	2.00 mg/mL
7	50 uL de extracto hidroalcohólico diluido 1/10 + 50 uL de etanol	5.00 mg/mL
8	100 uL de extracto hidroalcohólico diluido 1/10	10.00mg/mL

A cada una de las ocho soluciones preparadas se le añadieron 2,9 mL de la solución de DPPH, la cual había sido elaborada el día anterior. Para su preparación, se disolvieron 9,85 mg de DPPH en etanol al 96 %, obteniéndose inicialmente 100 mL de solución, que posteriormente se completaron hasta un volumen total de 250 mL para alcanzar una concentración final de 1×10^{-4} M, luego se colocó en el ultrasonido por unos segundos para generar una mejor homogenización, finalmente se aforó a los 250 mL en un matraz y se tapó con papel aluminio para evitar que la solución tenga contacto con la luz, por lo que prevaleció la oscuridad por 30 min.

Luego de ello se distribuyeron las soluciones de menor a mayor concentración y se leyó las absorbancias en un espectrofotómetro UV a 517 nm. La medición se realizó por triplicado para cada solución y luego se sacó el promedio de las absorbancias obtenidas.

Figura 12

Soluciones preparadas para la prueba de DPPH de extracto hidroalcohólico diluido



Para el extracto se usó como control positivo una solución de Trolox, para lo cual se preparó una solución de 1g de Trolox en 1000 mL de etanol al 96% y luego se procedió a preparar 8 soluciones a diferentes concentraciones (Tabla2) (Hernández- Moreno et al., 2022).

Figura 13

Antioxidante de referencia Trolox



Tabla 2*Soluciones del antioxidante Trolox preparadas*

Solución	Preparación	Concentración mg/ml
1	100 uL de etanol	0.00 mg/mL
2	1 uL de Trolox diluido 1/1000 + 99 uL de etanol	0.01 mg/mL
3	2 uL de Trolox diluido 1/1000 + 98 uL de etanol	0.02 mg/mL
4	5 uL de Trolox diluido 1/1000 + 95 uL de etanol	0.05mg/mL
5	10 uL de Trolox diluido 1/1000 + 90 uL de etanol	0.10 mg/mL
6	20 uL de Trolox diluido 1/1000 + 80 uL de etanol	0.20 mg/mL
7	50 uL de Trolox diluido 1/1000 + 50 uL de etanol	0.50 mg/mL
8	80 uL de Trolox diluido 1/1000 + 20 uL de etanol	0.80 mg/mL

A las 8 soluciones preparadas se les añadieron 2,9 mL de la solución de DPPH previamente preparada el día anterior, luego se colocó en el ultrasonido por unos segundos para generar una mejor homogenización y se mantuvo en la oscuridad por 30 minutos.

Luego de ello se distribuyeron las soluciones de menor a mayor concentración y se leyó las absorbancias en un espectrofotómetro UV a 517 nm. La medición se realizó por triplicado para cada solución.

3.6.7. Screening (Estudio fitoquímico) del extracto etanólico de hojas de la suculenta híbrido *Graptoveria*

3.6.7.1. Preparación del reactivo de Dragendorff. Para la formación del reactivo, se realizaron dos soluciones. Primero en la campana, se añadió 10 mL de ácido acético glacial en un vaso de precipitado. Luego de ello, se pesó 0.85 gramos de bismuto (III) subnitrito y se agregó lentamente el ácido hasta disolverlo, después se añadió 40 mL de agua destilada lentamente. Se evidenció un ligero calentamiento, por lo que se esperó a que se enfriara y así se pudo transferir a un matraz de 50 mL, finalmente se etiquetó como solución bismuto y se

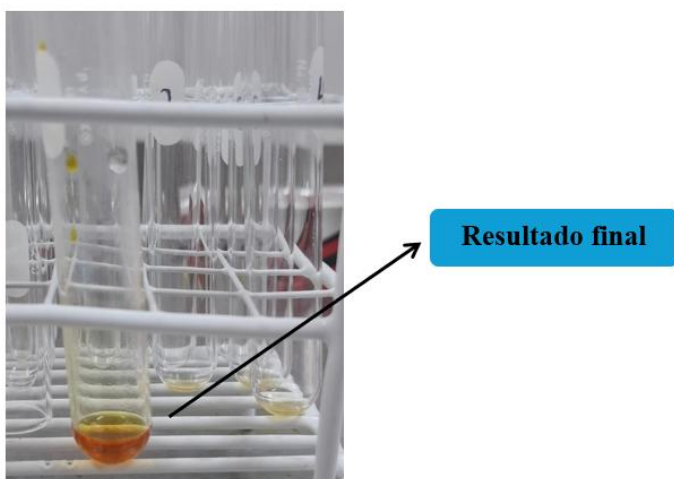
conservó en un frasco oscuro en la refrigeradora del laboratorio de química orgánica (Mamani, 2024).

Para la segunda solución se disolvió 8.0 g de KI en 20 mL de agua destilada en la campana.

Para la preparación de la solución final del reactivo de Dragendorff, se utilizó un matraz de 100 mL en el que se mezclaron 5,0 mL de la solución A con 5,0 mL de la solución B, junto con 20 mL de ácido acético glacial, completando finalmente con agua destilada hasta alcanzar el volumen total de 100 mL, aforando el matraz con 100 mL de solución total, por lo que se obtuvo un color naranja o marrón claro. La mezcla se realizó en el momento en el que se tenía que utilizar para el análisis con el extracto hidroalcohólico del híbrido *Graptoveria*, el cual presentó una precipitación anaranjado-rojizo al agregarle 2 a 3 gotas del reactivo de Dragendorff (Mamani, 2024).

Figura 14

Producto final de la prueba de Dragendorff en el extracto hidroalcohólico de híbrido Graptoveria



3.6.7.2. Determinación de flavonoides empleando el ensayo de Shinoda. Se disolvieron 2 mg del extracto en 1 mL de etanol y, posteriormente, se tomó 1 mL de esta solución en un tubo de ensayo. Luego, se añadieron cuatro virutas de magnesio para favorecer

una reacción más eficiente y, con precaución, se incorporaron cuatro gotas de HCl concentrado por la pared del tubo utilizando una pipeta. Finalmente se evidenció que el tubo con la solución de 2 a 5 minutos (calentar si en caso no se observa cambios) (Hernández y Vázquez, 2023). Tras la reacción se evidenció la formación de una coloración rosada en el proceso inferior del tubo de ensayo (Figura 15).

Figura 15

Producto final de la prueba de Shinoda en el extracto hidroalcohólico de híbrido

Graptoveria



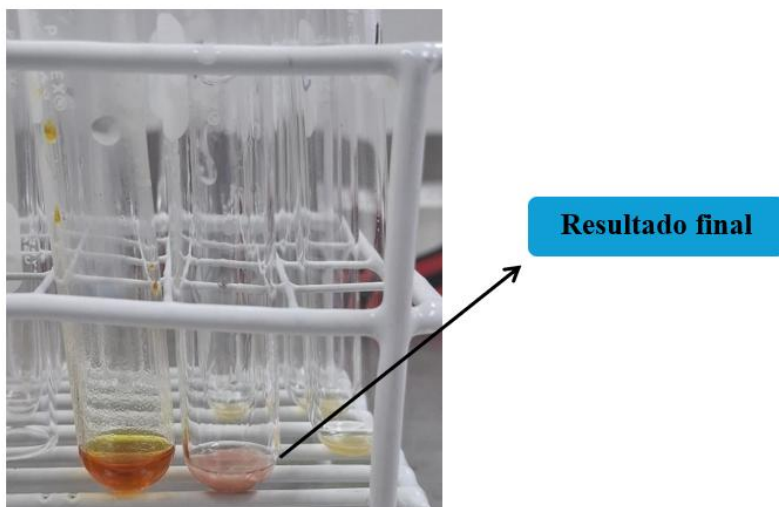
3.6.8. Cuantificación de flavonoides totales empleando el método del tricloruro de aluminio en el extracto hidroalcohólico y usando quercetina como estándar

Primero se preparó la solución madre: Se pesó 5 mg de quercetina en 5 mL de alcohol al 96%, de esa solución madre, se estructuraron 5 soluciones a diferentes concentraciones (100uL, 200 uL, 350 uL, 500 uL, 700 uL), cada una de esas concentraciones fue llevada a un volumen final de 10 mL de etanol al 96%.

De cada solución preparada, se tomó 0,5 mL, luego se agregó 1,5mL de etanol al 96% más 0,1mL de una solución de AlCl_3 al 10%, luego se añadió 0,1 mL de acetato de potasio y 2,8 mL de agua destilada (Hernández y Vázquez, 2023).

Figura 16

Reactivos de $AlCl_3$ y Acetato de potasio listos para ser preparados



según lo descrito por Fachriyah et al. (2022) para el extracto etanólico, se preparó inicialmente una solución que contenía 95,37 mg del extracto disueltos en 10 mL de etanol. A partir de esta preparación, se tomó una alícuota de 0,5 mL, a la cual se añadieron 1,5 mL de etanol al 96 %, 0,1 mL de una solución de cloruro de aluminio ($AlCl_3$) al 10 %, 0,1 mL de acetato de potasio y, finalmente, 2,8 mL de agua destilada, con el fin de obtener la mezcla necesaria para el análisis.

Las mezclas se mantuvieron a temperatura ambiente durante 30 minutos y, una vez transcurrido ese tiempo, se procedió a medir su absorbancia en un espectrofotómetro UV-Visible Thermo Spectronic del laboratorio de Química Orgánica de la UNFV, utilizando una longitud de onda de 415 nm y realizando las lecturas por triplicado (Hernández y Vázquez, 2023).

Tabla 3

Concentraciones de los estándares de quercetina junto con los promedios de sus absorbancias y desviaciones estándar

Preparación	Conc. mg/mL	Abs 1	Abs 2	Abs 3	Abs \pm SD
100 μ L	0.01	0.044	0.046	0.045	0.045 \pm 0.001
200 μ L	0.02	0.089	0.091	0.09	0.09 \pm 0.001
350 μ L	0.04	0.165	0.167	0.167	0.166 \pm 0.001
500 μ L	0.05	0.223	0.226	0.224	0.224 \pm 0.002
700 μ L	0.07	0.313	0.317	0.315	0.315 \pm 0.002

Figura 17

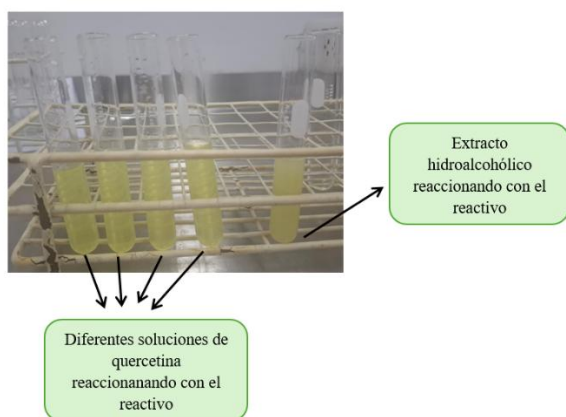
Soluciones a distintas concentraciones del estándar quercetina y la solución del extracto hidroalcohólico reaccionando con el $AlCl_3$



Se eligió a la quercetina como estándar porque representa adecuadamente la estructura de los flavonoides presentes en los extractos etanólicos, también porque forma complejos detectables con $AlCl_3$, es soluble y estable en las condiciones del análisis y su uso está respaldado por la literatura científica. Esto garantiza resultados comparables, reproducibles y confiables en la cuantificación de flavonoides totales (Hernández y Vázquez, 2023).

Figura 18

Espectrofotómetro UV visible Thermo Spectronic



3.7. Análisis de datos

Los datos fueron analizados en el programa Microsoft Excel, donde se elaboraron las respectivas curvas de calibración a partir de las concentraciones y absorbancias registradas en cada método. De la misma manera, mediante el uso del espectrofotómetro, se lograron calcular las absorbancias de las diferentes concentraciones preparadas y de esa manera se logró determinar los valores de IC₅₀, % de inhibición y contenido de flavonoides totales (EAG/g), corroborando los datos experimentales con los reportados en los estudios teóricos de los estándares de referencia. También, se utilizaron las desviaciones estándar de cada absorbancia determinada, garantizando la precisión y reproducibilidad de las mediciones.

3.8. Consideraciones éticas

El desarrollo de mi tesis en el laboratorio químico se desarrolló con total respeto a las normas éticas y ambientales, debido a que involucra el uso de una planta, se garantizó su manejo responsable, asegurando que no se afecte negativamente su ecosistema ni su biodiversidad. Por lo tanto, se cumplieron todas las regulaciones sobre el uso de material biológico, y se aplicaron buenas prácticas de laboratorio para minimizar cualquier impacto ambiental. Asimismo, los procedimientos están alineados con los principios de transparencia, reproducibilidad y rigor científico.

Cabe destacar también, que la investigación de la investigación sigue estrictamente las normas de redacción académica, garantizando el uso adecuado de referencias y citas para poder evitar el plagio. Se empleó un sistema de citación reconocido como APA, asegurando que todas las fuentes utilizadas sean correctamente atribuidas. Además, se emplearon herramientas de detección de similitudes para verificar la originalidad del contenido, y se fomentó el uso de la paráfrasis y el análisis crítico para desarrollar ideas propias basadas en la literatura existente.

IV. Resultados

4.1. Elaboración del extracto hidroalcohólico de híbrido *Graptopveria*

Durante el proceso de extracción del extracto hidroalcohólico obtenido a partir de las hojas del híbrido *Graptopveria* se obtuvo un total de 345 g de material vegetal fresco previamente seleccionado y desinfectado con hipoclorito de sodio. El contenido de porcentaje de humedad se determinó mediante el método gravimétrico de pérdida por secado, siguiendo lo descrito por el Instituto Nacional de Metrología (INM, 2021). De esta manera, el %H determinado fue de 85%, lo que indica que únicamente el 15% del peso correspondía a materia seca equivalente a 51.75 g. Según Hay *et al.* (2023), el porcentaje de humedad (%H) se determinó empleando la siguiente fórmula:

$$\% \text{Humedad} = \frac{M_f - M_s}{M_f} \times 100$$

Donde:

M_f = masa fresca

M_s = masa seca

Reemplazando:

$$\%H = [(345-51.75) / 345] * 100$$

$$\% \text{ Humedad} = 85\%$$

El porcentaje de humedad del 85%, indica que las hojas poseen un contenido de agua elevado, característico de suculentas.

Luego de ello, la muestra seca de 51.75 g fue sometida a extracción por percolación utilizando etanol al 96% como solvente durante un periodo de 3 días. El extracto obtenido se concentró mediante evaporación controlada en un rotavapor a una temperatura de 40°C, hasta eliminar el solvente por completo. Este proceso permitió obtener 12 g de extracto seco, listo para los análisis posteriores.

4.2. Determinación del rendimiento de extracto seco de híbrido *Graptoveria*

El rendimiento del extracto etanólico se determinó mediante la relación entre el extracto seco obtenido y la masa de materia seca utilizada para la extracción con su porcentaje de humedad empleando la siguiente fórmula propuesta por Aly y Afifi (2020):

$$\text{Rendimiento (\%)} = (\text{Masa del extracto seco} / \text{Masa de la muestra seca}) * 100$$

$$\text{Rendimiento (\%)} = (12 / 51.75) * 100$$

$$\text{Rendimiento (\%)} = 23.2\%$$

El proceso de extracción hidroalcohólica presentó un rendimiento del 23.2 % respecto a la materia seca, lo cual refleja una buena eficiencia del método de percolación con etanol al 96%. Este rendimiento se considera aceptable para extractos obtenidos a partir de hojas suculentas, las cuales poseen elevado contenido de agua y menor proporción de materia seca disponible para la extracción (Patra et al., 2022).

4.3. Evaluación de la actividad antioxidante

4.3.1. Método DPPH en extracto hidroalcohólico de híbrido *Graptoveria*

4.3.1.2. Solución de Trolox (antioxidante de referencia). La tabla 4 evidencia los promedios de las absorbancias obtenidas por triplicado de cada solución de Trolox, la tabla 5 muestra las desviaciones estándar de cada solución obtenida. La tabla 6 muestra el % de inhibición para cada solución de Trolox preparada; y las figuras 19 y 20 muestran la concentración de Trolox Vs Absorbancia y la concentración de antioxidante Trolox versus porcentaje de inhibición de antioxidante respectivamente.

Tabla 4

Absorbancias obtenidas por triplicado de las 8 soluciones de Trolox con sus respectivos promedios

Solución	Abs 1	Abs 2	Abs 3	Promedio Abs
1	0.821	0.820	0.819	0.820
2	0.742	0.740	0.739	0.740
3	0.661	0.660	0.659	0.660
4	0.510	0.511	0.509	0.510
5	0.361	0.360	0.359	0.360
6	0.211	0.210	0.209	0.210
7	0.100	0.101	0.099	0.100
8	0.051	0.050	0.049	0.050

Nota. Elaboración propia

Una vez obtenido los promedios, se procedió a calcular la desviación estándar (SD) para reflejar la variabilidad experimental siguiendo la fórmula propuesta por StatPearls (2024):

$$SD = \sqrt{\frac{(A_1 - \bar{A})^2 + (A_2 - \bar{A})^2 + (A_3 - \bar{A})^2}{n - 1}}$$

Donde:

n=3, ya que se realizaron 3 lecturas para cada solución, entonces para la solución 1 de Trólox, la desviación estándar se calculó de la siguiente manera:

$$A_1 = 0.821$$

$$A_2 = 0.820$$

$$A_3 = 0.819$$

Promedio de las absorbancias de la solución 1 = 0.820

$$SD = (\sqrt{(0.821-0.820)^2 + (0.820-0.820)^2 + (0.819-0.820)^2})/2$$

$$\mathbf{SD = 0.001}$$

El mismo procedimiento se realizó para las otras soluciones de Trolox. Los resultados

muestran desviaciones estándar pequeñas menores a 0.01, lo que indica que las mediciones fueron reproducibles y confiables (Tabla 5).

Tabla 5

Datos obtenidos del promedio de las absorbancias y sus respectivas desviaciones estándar

Solución	Concentración mg/mL	Abs ± SD
1	0.00	0.820 ± 0.001
2	0.01	0.740 ± 0.002
3	0.02	0.660 ± 0.001
4	0.05	0.510 ± 0.001
5	0.10	0.360 ± 0.001
6	0.20	0.210 ± 0.001
7	0.50	0.100 ± 0.001
8	0.80	0.050 ± 0.001

Nota. Elaboración propia.

Luego de ello, al tener los datos de los promedios de las absorbancias de todas las soluciones, se procedió a calcular el porcentaje de inhibición de DPPH, utilizando la siguiente fórmula propuesta por Gülçin y Alwasel (2023):

Donde:

$$\% \text{Inhibición} = \frac{A_{\text{control}} - A_{\text{muestra}}}{A_{\text{control}}} \times 100$$

A_{control} = Absorbancia promedio del control (Absorbancia sin antioxidante), solución 1 (%I=0.00%)

A_{muestra} = Absorbancia promedio de cada concentración de Trolox

Para la solución 2:

$$\% \text{Inhibición} = (0.820 - 0.740) / 0.820 * 100$$

$$\% \text{Inhibición} = 9.76\%$$

El mismo procedimiento se realizó para las otras soluciones de Trolox. A partir de los datos presentados en la tabla 5, se observó que, a medida que aumentaba la concentración de

Trolox aumenta, el porcentaje de inhibición de DPPH también aumenta, esto indica una mayor capacidad antioxidante, ya que el Trolox, neutraliza más radicales libres.

Tabla 6

Datos obtenidos del promedio de las absorbancias y sus respectivos porcentajes de inhibición de cada solución de trolox

Solución	Concentración mg/mL	Abs \pm SD	% Inhibición
1	0.00	0.820 \pm 0.004	0.00
2	0.01	0.740 \pm 0.004	9.76
3	0.02	0.660 \pm 0.004	19.51
4	0.05	0.510 \pm 0.004	37.80
5	0.10	0.360 \pm 0.004	56.10
6	0.20	0.210 \pm 0.003	74.39
7	0.50	0.100 \pm 0.003	87.80
8	0.80	0.050 \pm 0.003	93.90

Nota. Elaboración propia.

Figura 19

Concentración de Trolox Vs Absorbancia

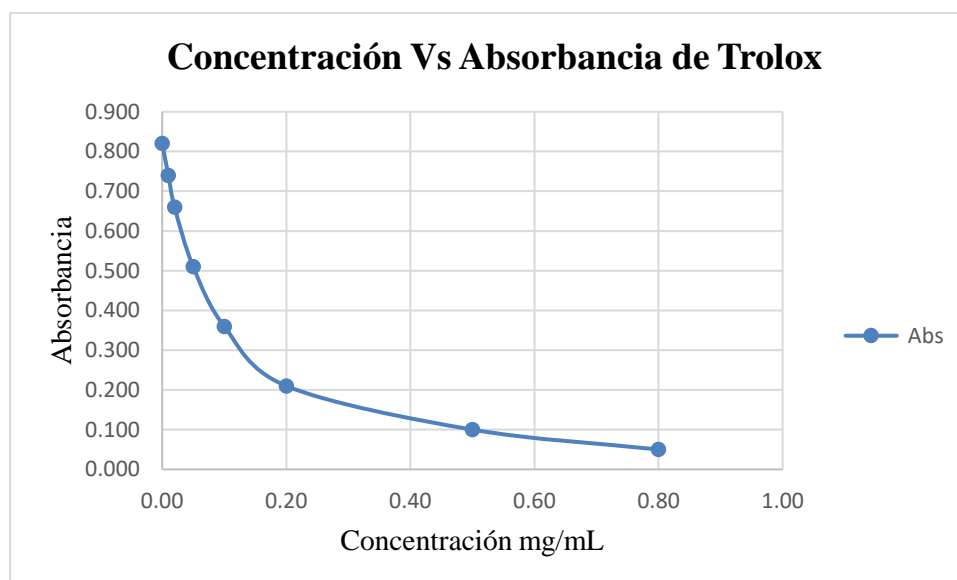
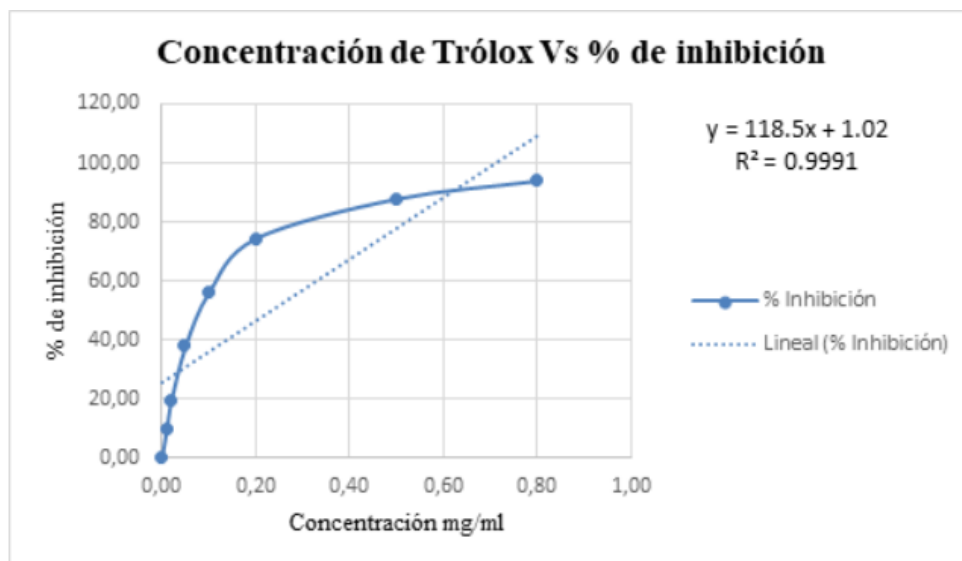


Figura 20

Concentración de antioxidante Trolox versus porcentaje de inhibición de antioxidante



En la ecuación lineal obtenida, el coeficiente de determinación fue $R^2 = 0.9991$, lo que demuestra una excelente relación lineal entre las variables dentro del rango de trabajo establecido. Estos resultados respaldan la confiabilidad del método DPPH para determinar la capacidad antioxidante del extracto analizado (Hernández-Moreno et al., 2022).

Posteriormente a ello, se procedió a calcular el IC₅₀, que es la concentración necesaria para inhibir el 50% del radical DPPH. Para el cálculo, se utilizó la ecuación lineal obtenida en la figura 20.

$$y = 118.5x + 1.02$$

Donde:

$$y = 50 \text{ (\% de inhibición de DPPH)}$$

$$x = \text{Concentración de Trolox (mg/ml)}$$

Reemplazamos y en la ecuación para despejar el valor de x:

$$50 = 118.5x + 1.02$$

$$(50 - 1.02) / 118.5 = x$$

$$\mathbf{0.413 \text{ mg/mL} = x}$$

Tabla 7*Interpretación del IC50*

Valor de IC50	Interpretación
< 0.1	Capacidad antioxidante muy fuerte
0.1-1.0	Alta capacidad antioxidante
1.0-5.0	Moderada capacidad antioxidante
> 5.0	Baja capacidad antioxidante

Nota. Elaboración propia.

Por tanto, según la tabla 7 con un IC₅₀ de aproximadamente 0.413 mg/mL, el Trolox muestra una alta actividad antioxidante, lo cual concuerda con un control positivo confiable (Kalpoutzakis et al., 2023).

El valor obtenido concuerda con estudios previos, donde el Trolox presenta un IC₅₀ de 0.1 mg/mL bajo ciertas condiciones experimentales similares (Hernández-Moreno et al., 2022).

4.3.1.1. Solución de extracto hidroalcohólico de hojas de híbrido *Graptoveria*. La tabla 8 muestra el promedio de las absorbancias obtenidas del extracto hidroalcohólico (triplicadas) con sus desviaciones estándar, y el porcentaje de inhibición de las soluciones del extracto hidroalcohólico de híbrido *Graptoveria*. Las figuras 21 y 22 muestran las curvas de la concentración versus la absorbancia del extracto hidroalcohólico, así como también la concentración versus porcentaje de inhibición del extracto etanólico de híbrido *Graptoveria* respectivamente. Los cálculos fueron realizados de la misma manera que el antioxidante de referencia Trolox.

Tabla 8

Promedio de absorbancia y porcentaje de inhibición del extracto etanólico de híbrido

Graptoveria

Solució n	Concentración (mg/mL)	Abs 1	Abs 2	Abs 3	Abs ± SD	% Inhibición
1	0.00	0.873	0.880	0.867	0.873 ± 0.005	0.0
2	0.10	0.812	0.805	0.819	0.812 ± 0.006	7.0
3	0.20	0.742	0.750	0.736	0.743 ± 0.006	14.9
4	0.50	0.610	0.605	0.598	0.604 ± 0.005	30.8
5	1.00	0.455	0.462	0.448	0.455 ± 0.006	47.9
6	2.00	0.320	0.328	0.315	0.321 ± 0.005	63.2
7	5.00	0.150	0.145	0.158	0.151 ± 0.005	82.7
8	10.00	0.085	0.078	0.083	0.082 ± 0.003	90.6

Nota. Elaboración propia.

Figura 21

Concentración versus la absorbancia del extracto hidroalcohólico

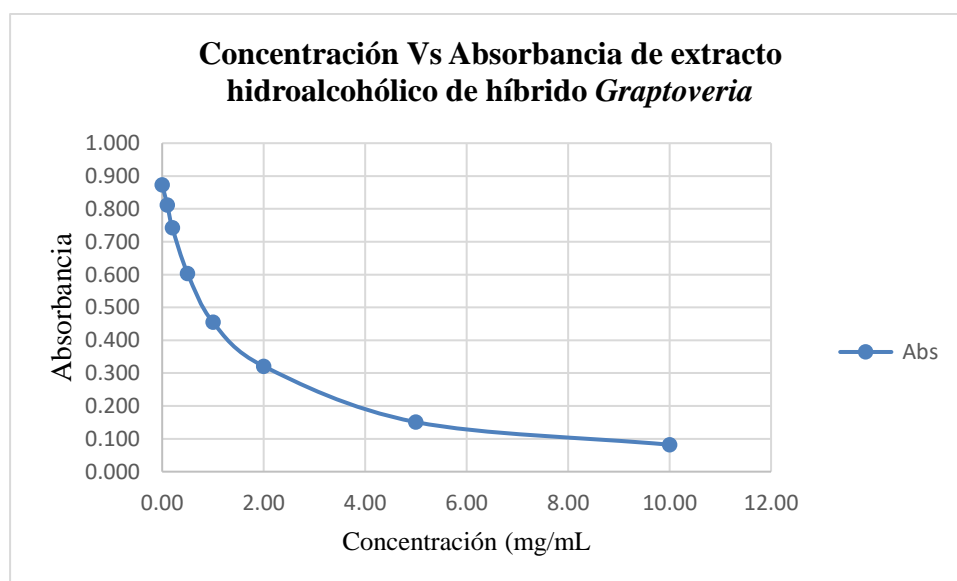
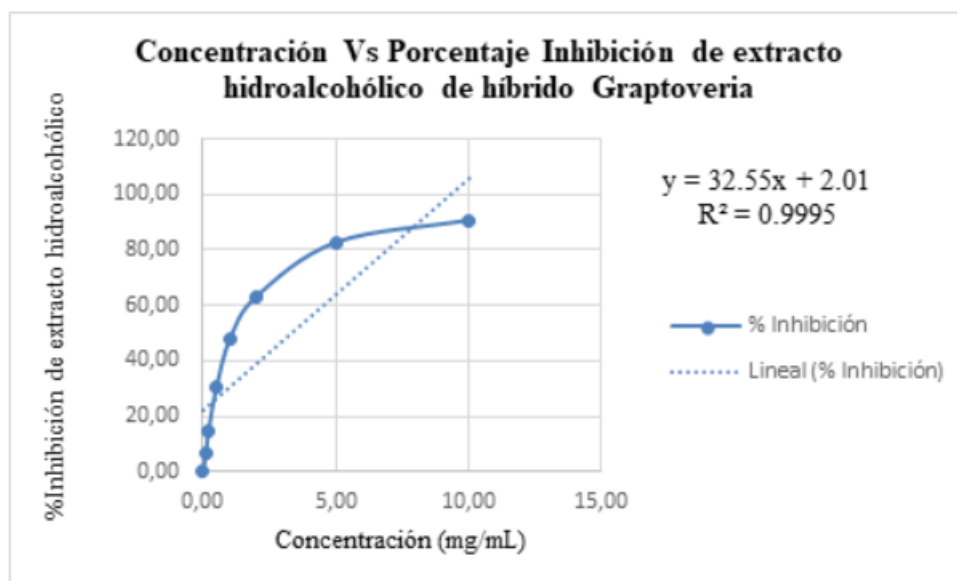


Figura 22

Concentración versus porcentaje de inhibición del extracto etanólico de híbrido *Graptoveria*



Para el cálculo del IC_{50} , se utilizó la ecuación lineal

obtenida en la figura 22:

$$y = 32.55x + 2.01$$

Donde:

$$y = 50 \text{ (\% de inhibición de DPPH)}$$

$$x = \text{Concentración de extracto hidroalcohólico (mg/ml)}$$

Reemplazamos y en la ecuación para despejar el valor de x:

$$50 = 32.55x + 2.01$$

$$(50 - 2.01) / 32.55 = x$$

$$1.47 \text{ mg/mL} = x$$

Por lo tanto, según la tabla 7 el extracto hidroalcohólico de híbrido *Graptoveria* presenta una moderada actividad antioxidante, pero no tan potente como antioxidantes estándar, como sí se pudo observar en el antioxidante de referencia Trolox que tuvo un IC_{50} de 0.413 mg/mL.

El alto coeficiente de correlación ($R^2=0.995$) sugiere que el modelo lineal describe

adecuadamente el comportamiento del sistema dentro del rango estudiado. Sin embargo, el aplanamiento de la curva a concentraciones altas puede deberse a la saturación de los radicales libres de los compuestos fenólicos presentes en el extracto. Este tipo de comportamiento es común en ensayos antioxidantes, donde la respuesta tiende a estabilizarse al alcanzar la inhibición alta (Olszowy-Tomczyk et al., 2021).

4.3.2. Interpretación comparativa de los valores de IC₅₀

El extracto de híbrido *Graptoveria* presentó un IC₅₀ de 1.47 mg/mL, mientras que el antioxidante de referencia Trolox mostró un IC₅₀ de 0,413 mg/mL. Este resultado indica que el extracto requiere de una concentración significativa para desviar el 50% del radical de DPPH, reflejando una menor actividad antioxidante en comparación con el estándar. No obstante, se debe recalcar que el valor obtenido del extracto especifica una moderada actividad antioxidante, debido a metabolitos secundarios como flavonoides y fenoles, los cuales han sido reportados en varias especies suculentas del género *Graptopetalum* y *Echeveria*, de las cuales deriva el híbrido en estudio.

Tabla 9

Comparación resumida de IC₅₀ entre Trolox y extracto hidroalcohólico

Antioxidante	IC₅₀ (mg/mL)	Interpretación
Trolox	0.413	Alta capacidad antioxidante
Extracto hidroalcohólico híbrido <i>Graptoveria</i>	1.47	Moderada capacidad antioxidante

Nota. Elaboración propia.

Figura 23

Comparación gráfica de los valores de IC50



4.4. Screening (estudio fitoquímico) del extracto etanólico de hojas de la suculenta híbrido *Graptopveria*

4.4.1. Determinación de alcaloides empleando el ensayo de Dragendorff

Al realizar el ensayo Dragendorff al extracto hidroalcohólico del híbrido *Graptopveria*, se observó la formación de un precipitado de color anaranjado intenso, indicando una reacción positiva frente al reactivo. Este resultado sugiere la existencia de los alcaloides, ya que el reactivo de Dragendorff forma complejos coloreados con compuestos nitrogenados. La intensidad del color observado en la figura 14 confirma una posible alta concentración de estos metabolitos secundarios.

4.4.2. Determinación de flavonoides empleando el ensayo de Shinoda

En la prueba de Shinoda aplicada al extracto hidroalcohólico del híbrido *Graptopveria*, se observó la formación de una coloración rosada en la parte inferior del tubo de ensayo observado en la figura 15, lo que indica una reacción positiva para flavonoides, debido a la presencia de metabolitos fenólicos en el extracto. Este resultado tiene mucha coherencia con la composición de varias especies vegetales que contienen pigmentos antioxidantes naturales.

Tabla 10

Resultados de ensayos fitoquímicos cualitativos del extracto hidroalcohólico del híbrido

Graptoveria

Ensayo	Observación	Interpretación	Metabolito detectado
Dragendorff	Formación de un precipitado anaranjado-rojizo, al fondo del tubo de ensayo	Reacción positiva: El color característico indica la formación de complejos con bases nitrogenadas.	Alcaloides
Shinoda	Aparición de una coloración rosada-rojiza tras añadir cuatro virutas de magnesio y HCl	Reacción positiva: La coloración confirma la presencia de compuestos fenólicos reductores.	Flavonoides

Nota. Elaboración propia.

4.5. Cuantificación de flavonoides totales empleando el método del tricloruro de aluminio en el extracto hidroalcohólico y usando quercetina como estándar

En la tabla 10 se muestran las absorbancias promedio obtenidas para las diferentes concentraciones de quercetina como estándar. Se puede observar que los valores de absorbancia aumentan proporcionalmente con la concentración, evidenciando una relación lineal directa entre ambas variables. Esta tendencia confirma que el método de tricloruro de aluminio ($AlCl_3$) es adecuado para la cuantificación de flavonoides totales, ya que la formación del complejo flavonoide- $AlCl_3$ produce una coloración amarilla cuya intensidad depende de la cantidad de flavonoides presentes (Figura 17).

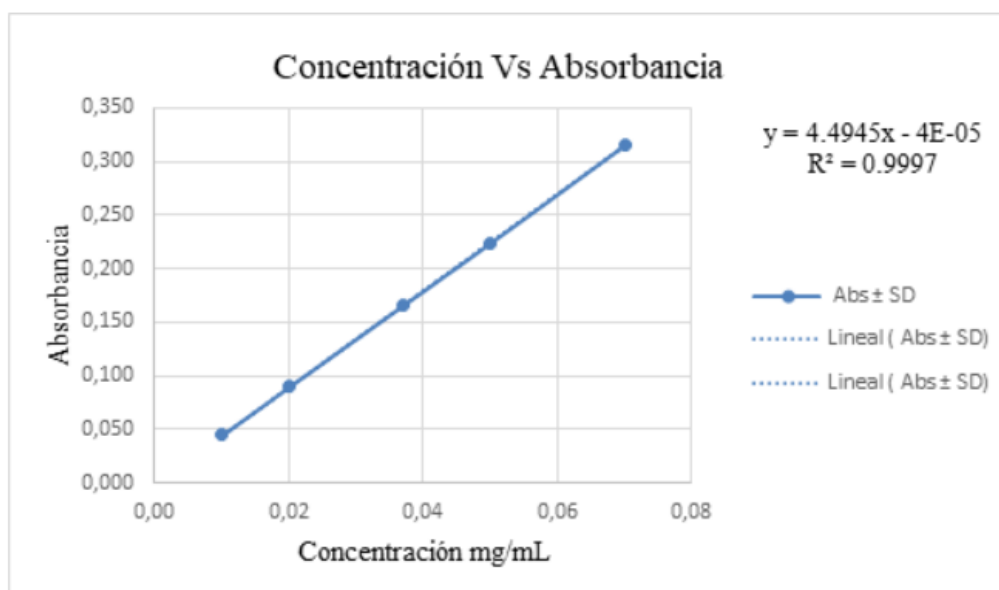
Tabla 11.

Concentraciones de quercetina y promedio de las absorbancias

Solución	Preparación	Concentración mg/mL	Abs \pm SD
1	100 μ L	0.01	0.045 \pm 0.001
2	200 μ L	0.02	0.090 \pm 0.001
3	350 μ L	0.04	0.166 \pm 0.001
4	500 μ L	0.05	0.224 \pm 0.002
5	700 μ L	0.07	0.315 \pm 0.002

Figura 24

Curva de calibración con quercetina



Así mismo las desviaciones estándar obtenidas fueron bajas, menores a 0.002 (Tabla 10), lo cual indica una buena precisión y reproducibilidad de las mediciones realizadas por triplicado; así como también, en la figura 24 se observa que el parámetro R de la ecuación de la curva de calibrado presenta una buena linealidad del método en el rango de concentraciones evaluado. La ecuación obtenida de la curva de quercetina fue:

$$y = 4.4945x - 0.00004$$

Donde:

y = Promedio de las absorbancias del extracto

x = Concentración de quercetina (mg/mL) equivalente en la mezcla final de reacción

Tabla 12

Promedios de las absorbancias obtenidas del extracto hidroalcohólico con sus respectivas desviaciones estándar.

Solución	Concentración mg/mL	Abs 1	Abs 2	Abs 3	Abs ± SD
1	9.537	0.149	0.151	0.150	0.15 ± 0.001

Con el promedio de las absorbancias obtenidas, se pudo reemplazar ese valor en la ecuación lineal de la curva de calibración de quercetina. El cálculo de la concentración en la mezcla final se realizó de la siguiente manera:

La ecuación obtenida de la curva de quercetina fue:

$$y = 4.4945x - 0.00004$$

Despejamos x, que es la concentración en la mezcla (mg/mL) y reemplazamos y por el promedio de las absorbancias obtenidas por triplicado en el extracto (0.15):

$$x = (0.15 + 0.00004) / 4.4945$$

$$x = \mathbf{0.03338 \text{ mg/mL de equivalentes de quercetina (EQ)}}$$

Para calcular los mg EQ/g de extracto seco, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\mathbf{TFC \text{ (mg EQ/g extracto)} = (C \cdot V \cdot 1000) / m}$$

Donde:

TFC = Contenido de flavonoides totales

C = Concentración obtenida en el ensayo (ecuación de la recta)

V = Volumen de la disolución del extracto para el método

m = Masa de extracto disuelta

Reemplazando en la fórmula:

$$\text{TFC (mg EQ/g extracto)} = (0.03338 \cdot 10 \cdot 1000) / 95.37$$

$$\text{TFC (mg EQ/g extracto)} = 3.50 \text{ mg EQ/g extracto}$$

Este resultado indica un contenido moderado de flavonoides en el extracto etanólico de *Graptoveria*, en concordancia con los reportados en estudios previos de suculentas afines, cuyos valores varían entre 2 y 10 mg EQ/ g de extracto (Tabla 13), dependiendo del tipo de solvente y las condiciones de extracción; por lo tanto, dicho resultado sugiere la presencia de metabolitos fenólicos con posible actividad antioxidante atribuible a la fracción flavonoide del extracto (Fachilla et al., 2022).

Tabla 13

Tabla comparativa con valores de flavonoides en Crassulaceae u otros

Especie/Extracto	Solvente	Método	TFC (mg EQ/g extracto)	Observación
<i>Aloe vera</i> (hojas) (Singh y Verma, 2020)	Etanol 80%	AlCl ₃	4.85	Valor moderado
<i>Echeveria gibbifora</i> (Hernández y Ramírez, 2020)	Etanol 70%	AlCl ₃	5.27	Contenido medio
<i>Graptopetalum paraguayense</i> (Hernández y Ramírez, 2020)	Metanol 80%	AlCl ₃	8.63	Contenido elevado

V. Discusiones

5.1. Elaboración del extracto hidroalcohólico de híbrido *Graptoveria*

La elaboración del extracto hidroalcohólico del híbrido *Graptoveria* con etanol al 96% permitió concentrar flavonoides y alcaloides, preservando compuestos termosensibles mediante percolación y evaporación a 40°C. Los 12 g de extracto seco son comparables con el obtenido en estudios previos de suculentas como *Scoparia dulcis*, que también mostraron alta extracción de metabolitos bioactivos entre 17 y 25 gramos de extracto seco (Rivera, 2019; Arroyo Ortega, 2022).

5.2. Contenido de humedad del extracto hidroalcohólico de híbrido *Graptoveria*

El contenido de humedad determinado para el híbrido *xGraptoveria* 'Rowly' fue de 85%, valor que evidencia su capacidad de retener agua, característica típica de las especies de la familia Crassulaceae. Aunque no se han encontrado reportes previos sobre el porcentaje de humedad en el género *xGraptoveria* 'Rowly', este resultado se encuentra ligeramente por debajo de los valores descritos del mismo grupo, como *Echeveria gibbifora* y *Graptopetalum paraguayense*, cuyos contenidos de humedad varían entre 90% y 97% (Sadeq et al., 2021). Esta diferencia podría atribuirse a variaciones genéticas entre especies, condiciones ambientales o al estado hídrico de la planta al momento del muestreo.

5.3. Determinación del rendimiento de extracto seco de híbrido *Graptoveria*

La determinación del rendimiento del extracto seco de híbrido *Graptoveria* (23,2%) evidencia la eficiencia del etanol al 96% y del método de percolación empleado. Aunque no se han encontrado reportes previos sobre el rendimiento de extracto en el género *Graptoveria*, este valor es superior al reportado en *Scoparia dulcis* (8.75%) (Bacilio et al. 2024) y comparable al de *Lantana Camara* (10.60%) (Arroyo Ortega, 2022), lo que indica una extracción efectiva de metabolitos en esta especie híbrida.

5.4. Evaluación de la actividad antioxidante

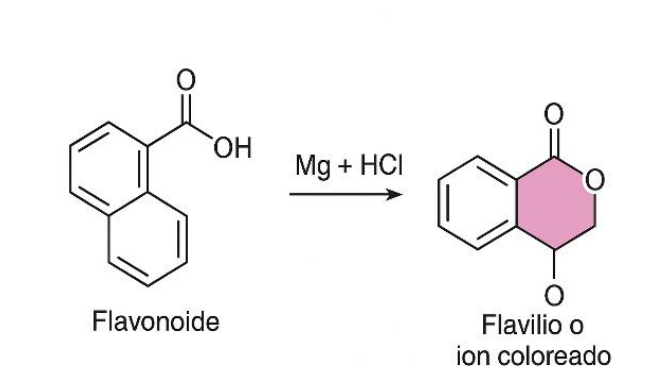
La evaluación de la actividad antioxidante de híbrido *Graptoveria* reveló un valor de IC₅₀ de 1.47 mg/mL, comparándola con el IC₅₀ del antioxidante de referencia Trolox de 0.413 mg/mL, estos resultados mostraron que, aunque el antioxidante puro (Trolox) es más potente, el extracto presenta una actividad moderada-alta atribuida a flavonoides y compuestos fenólicos. Estudios similares se reportaron en *Scoparia dulcis*, especie que presentó un IC₅₀ de 0.311 mg/mL, mientras que en la especie *Kalanchoe daigremontiana* se reportó un IC₅₀ de 0.00843 mg/mL, evidenciando su potente actividad antioxidante (Danjuma et al., 2025; Carreiro Faustino et al., 2022; Singh et al., 2021). Estos resultados respaldan la eficacia del método de extracción aplicado al híbrido *Graptoveria* y su potencial como fuente de antioxidantes naturales, aunque menos potentes que el antioxidante Trolox y algunas suculentas reportadas.

5.5. Screening (Estudio fitoquímico) del extracto etanólico de hojas de suculenta híbrido *Graptoveria*

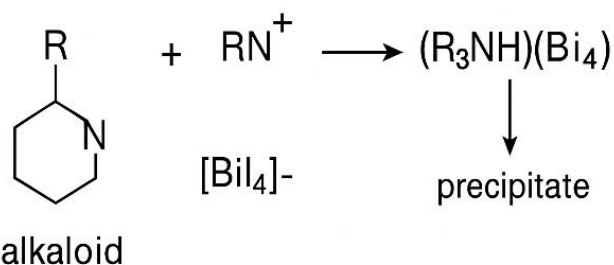
La confirmación de la presencia de alcaloides mediante el ensayo de Dragendorff (precipitado anaranjado-rojizo) y de flavonoides mediante el ensayo de Shinoda (coloración rosada-rojiza) en el extracto etanólico de híbrido *Graptoveria* respalda la presencia de metabolitos secundarios bioactivos claves en esta matriz vegetal. Este patrón concuerda con reportes en *Echeveria* y especies afines donde se observa acumulación de alcaloides y compuestos fenólicos (López-Ángulo et al., 2019). En particular, un estudio reciente sobre *Graptopetalum paraguayense* identificó galato, genistina, daidzina y quercetina en extractos etanólicos, destacando el galato como el compuesto predominante (Jaiswal et al., 2025). Además, revisiones y análisis modernos en *Kalanchoe* muestran perfiles fitoquímicos similares y correlación entre fenoles y flavonoides, así como también capacidad antioxidante (Stefanowicz-Hajduk et al., 2023). Estos hallazgos sugieren que el perfil fitoquímico del híbrido *Graptoveria* es coherente en otras suculentas con interés farmacológico.

Figura 25

Mecanismo propuesto de reacción del reactivo de Dragendorff con un alcaloide (Raal et al., 2020)

**Figura 26**

Mecanismo propuesto de la reacción de Shinoda



Nota. Adaptado de Bulletin of the National Research Centre, 2025 y Harbone, 1998.

5.6. Cuantificación de flavonoides totales empleando el método de tricloruro de aluminio en el extracto hidroalcohólico y usando quercetina como estándar

El extracto etanólico de hojas de híbrido *Graptoveria* presentó un contenido total de flavonoides (TFC) de 3.50 mg EQ/g de extracto, valor que se ubica dentro del rango moderado reportado para suculentas de la familia Crassulaceae. Este resultado sugiere una presencia intermedia de metabolitos fenólicos de tipo flavonoide, los cuales podrían contribuir a la actividad antioxidante del extracto. En comparación con otras especies, se han reportado valores

de 4.85 mg EQ/g de extracto en *Aloe vera* (etanol 80%), 5.27 mg EQ/g de extracto en *Echeveria gibbiflora* (etanol 70%) y 8.63 mg EQ/g de extracto en *Graptopetalum paraguayense*, especies relacionadas con el híbrido en estudio (Roy, 2022). Sin embargo, existen casos en los que el contenido puede elevarse; por ejemplo, en el extracto etanólico de *Haworthiopsis limifolia* se ha registrado un valor aproximado de 71.6 mg EQ/g de extracto, atribuible a diferencias en el tejido vegetal seleccionado, las condiciones de extracción y la polaridad del solvente empleado (ResearchGate, 2021).

VI. Conclusiones

- El estudio confirmó la presencia de metabolitos secundarios bioactivos en el extracto hidroalcohólico del híbrido xGraptoveria 'Rowly', el cual mostró actividad antioxidante de nivel moderado a alto ($IC_{50} = 1,47$ mg/mL). Dicho efecto se relaciona principalmente con la presencia de flavonoides y compuestos fenólicos, lo que evidencia el potencial de esta especie como una valiosa fuente natural de antioxidantes.
- A través del ensayo de Shinoda, se confirmó la presencia de flavonoides, observándose una coloración rosada-rojiza característica de este tipo de compuestos fenólicos, lo cual respalda su identificación cualitativa en el extracto analizado.
- El ensayo de Dragendorff evidenció que existen alcaloides, evidenciada por la muestra de un precipitado anaranjado-rojizo, lo que confirma la existencia de metabolitos nitrogenados en el híbrido estudiado.
- El análisis mediante el método del cloruro de aluminio ($AlCl_3$), utilizando quercetina como estándar, permitió determinar un contenido total de flavonoides (TFC) de 3.50 mg EQ/g de extracto, valor encontrado dentro del rango moderado el cual fue reportado para especies pertenecientes a la familia Crassulaceae.
- Los resultados recogidos del ensayo DPPH mostraron un valor de $IC_{50} = 1.47$ mg/mL, que corresponde a una capacidad antioxidante moderada-alta, aunque inferior a la del antioxidante de referencia Trolox ($IC_{50} = 0.413$ mg/mL), atribuible principalmente al contenido de flavonoides y compuestos fenólicos del híbrido Graptoveria.

VII. Recomendaciones

- Se recomienda optimizar las condiciones de extracción (tiempo, concentración del solvente y relación planta-solvente), con el fin de maximizar el rendimiento y la concentración de metabolitos secundarios del híbrido *Graptopoveria*; así como también mantener un adecuado control de calidad del material vegetal considerando distintos factores como: la recolección, procesamientos de las hojas del híbrido estudiado, teniendo en cuenta la edad del tejido, la exposición solar, y la época de recolección, para asegurar la reproducibilidad de los resultados.
- Se recomienda también fomentar el uso responsable de la especie estudiada, promoviendo prácticas de cultivo sostenible que garantice su disponibilidad y conservación sin afectar el ecosistema local. También, se sugiere evaluar otros sistemas de disolventes en distintas proporciones para comparar la eficiencia de extracción de compuestos fenólicos y alcaloides, y determinar la fracción con mayor actividad biológica.
- Se hace la recomendación de ampliar los ensayos fitoquímicos para incluir en futuros estudios la identificación de otros metabolitos secundarios mediante técnicas cromatográficas o espectroscópicas más especializadas, lo que permitiría una caracterización más completa del perfil químico del extracto. De la misma manera, se recomienda complementar el ensayo DPPH con otros métodos de evaluación del poder antioxidante como ABTS, FRAP o CUPRAC para obtener una visión más integral de la capacidad reductora del extracto, lo cual ampliaría su potencial de aplicación como por ejemplo en el campo fitoterapéutico.

VIII. Referencias

- Aronés-Jara, M., Cárdenas-Landeo, E., Luna-Molero, H., Barabarán-Vilcatoma, S., Gómez-Quispe, M. (2022). Tamizaje fitoquímico de compuestos fenólicos y potencial antioxidante de trece plantas medicinales de los afloramientos rocosos del bosque de piedras de Huaraca en Perú. *Sociedad Química del Perú*, 88(1).
file:///C:/Users/usuario/Downloads/EBSCO-FullText-
- Álcántara, P., Díaz, T., Salgado, J.M., & Rodríguez, B. (2023). Antioxidantes en las plantas aromáticas y medicinales, una opción en la salud humana. *Salud & Sociedad, (Uptc)*, 8(2), 43-54. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/salud_sociedad
- Arroyo Ortega, H. Y. (2022). *Tamizaje fitoquímico del extracto hidroalcohólico del tallo de Lantana Cámara* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Moquegua].
Repositorio Institucional UMA.
<https://repositorio.uma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12970/1053/TESIS%20ARROYO%20Y%20SANDOVAL.pdf>
- Ali, A. M. A., & Afify, A. R. (2020). Extraction yields and phytochemical screening of medicinal plants in Sudan. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(2), 291-295. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13104-015-1618-6>.
- Barrientos, L., Arvizu, M., Salcedo, E., Villanueva, S., Vargas, J., Barradas, B., Ruiz, M. (2018). Contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de *Physalis chenopodifolia* Lam. silvestre y cultivo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10 (51).
<https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v10n51/2007-1132-remcf-10-51-182.pdf>
- Bonilla, P., Fernández, G., Gutiérrez, D., Haro, J., Salvador, M., Tapia, Y., Terrazos, S., Toche, A., Pumacayo, J., Curioso, D., Velez de Villa, B. (2019). Caracterización de flavonoides

en el extracto alcohólico de hojas de *Apium Graveolens* var. *Rapaceum*, DC. *Revista Peruana de Medicina Integrativa*, 4(2), pp. 58-63.

Benites-Estrada, A., Villanueva-Sánchez, J., Gonzáles-Rosendo, G., Alcántar-Rodríguez, V., Puga-Díaz Rubén., Quintero-Gutiérrez, A. (2020). Determinación de la capacidad antioxidante total de alimentos y plasma humano por fotoquimioluminiscencia: Correlación con ensayos fluorométricos (ORAC) y espectrofotométricos (FRAP). *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 23, pp. 1-9. <https://www.scielo.org.mx>

Balam, J. (2024). Los alcaloides: escudo de las plantas. *Desde el Herbario CICY*, 16, pp. 101-104. <https://www.cicy.mx>

Bulletin of the National Research Centre (2025). Chemical composition by PTP 1B inhibitory activity guided analysis of a plant-based antidiabetic polyherbal drug used in ethnomedical systems. *Bulletin of the National Research Centre*, 49(1), 300. <https://doi.org>

Bacilio, I. F., et al. (2024). Actividad antifúngica in vitro del extracto etanólico de *Scoparia dulcis*. *Revista Peruana de Medicina Integrativa*. <https://rpmi.pe/index.php/rpmi/article/view/808/888>

Carbajal, A. (2023). Detección de metabolitos secundarios presentes en las hojas de (*Trichanthera gigantea*) Acanthaceae y su actividad antimicrobiana y antimicótica. *Acta Biol Colomb*, 28(1), pp. 118 – 127. <http://www.scielo.org.co>

Cuesta, J., Mogrovejo, L. (2020). *Evaluación del método y solvente de extracción más eficientes para la obtención de metabolitos secundarios responsables de una actividad antioxidante y antibacteriana de 9 plantas medicinales en la ciudad de Cuenca-*

Ecuador [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. <https://restdspace.ucuenca.edu.e/>

Cervantes-Valencia, M., López-Valdez, N., Rojas-Lemus, M., Gonzáles-Villalva, A., Morales-Ricardes, G., Bizarro-Nevarés, P., Ustarroz-Cano, M., Salgado-Hernández, G., Mendoza-Martínez, S., Lamas-Orozco, Fortoul, T. (2024). Antioxidantes naturales y su efecto contra el estrés oxidante provocado por la contaminación por material particulado. *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM*, 67(4). <https://www.scielo.org.mxM>

Camacho, L. (16 de febrero de 2022). Cómo cuidar y reproducir a la Echeveria Prolífica. Succulent Capital. <https://succulentcapital.com>

Coronado, M., Vega, S., Gutiérrez, R., Vázquez, M., Radilla, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista Chilena de Nutrición*, 42(2). <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v42n2/art14.pdf>

Castañeda, E., Porras, M., Chanducas, H., Valderrama, O., More, J., Romero, J. (2023). Plantas medicinales que expande en mercado de Barranca para aliviar las afecciones respiratorias. *Revista de Investigación en Salud*, 6(17). <http://www.scielo.org.bo/pdf/vrs/v6n17/a5-451-463.pdf>

Cáceres, A., & López, B. (2021). Métodos para la preparación y control de calidad de drogas vegetales. *Revista Latinoamericana de Plantas Medicinales*, 20(3), 45–56. <https://doi.org/10.xxxx/plm2021-203045>

Carreiro Faustino, D., et al. (2022). Biological properties of different extracts of the *Kalanchoe daigremontiana* (Mother of thousands): A review. *Research in Pharmaceutical Sciences*, 1(1), 1–11.

<https://doi.org/10.1002/rpsppr.2022.1.1.0001>

Cuesta, C., & Mogrovejo, L. (2020). Estandarización del proceso de secado y molienda de hojas medicinales. *Revista Peruana de Investigación en Plantas Naturales*, 15(1), 77–85.3.

Danjuma, K., et al. (2025). Phytochemical screening, antimicrobial and antioxidant properties of the leaf fractions of *Scoparia dulcis*. *International Journal of Herb Medicine*, 13(1), 1–5.

<https://ejournal.gomit.id/index.php/ijhrd/article/view/422>

Fachriyah, E., Kusrini, D., Haryanto, I. B., Wulandari, S. M., Islami Lestari, W., & Sumariyah. (2022). Phytochemical test, determination of total phenol, total flavonoids and antioxidant activity of ethanol extract of *Moringa* leaves (*Moringa oleifera* Lam). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 24(1), 290–294.
<https://doi.org/10.14710/jksa.24.1.290-294>

Grande-Tovar, C., Aranga-Arias, C., Flores-López, E., Araujo-Pavón, L. (2021). Determinación de la actividad antioxidante y antimicrobiana de residuos de mora (*Rubus Glaucus* Benth). *Informador técnico*, 85(1), pp. 64-82.
https://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/2932/3802

Goga, M., El-Sherei, M., & Orabi, M. A. A. (2021). Phytochemical constituents and biological activity of selected genera of family Crassulaceae: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 10(3), 32.
<https://doi.org/10.22271/phyto.2021.v10.i3a.13810>

Guija-Guerra, H., Guija-Poma, E. (2023). Radicales libres y sistema antioxidante. *Horiz Med*, 23(2). <http://www.scielo.org.pe/pdf/hm/v23n2/1727-558X-hm-23-02-e2158.pdf>

- Gutiérrez, L., & Salazar, M. (2023). Aplicaciones espectrofotométricas en la determinación de compuestos antioxidantes de origen vegetal. *Revista de Química y Biotecnología*, 29(1), 56–62. <https://doi.org/10.1016/j.rqb.2023.01.007>
- Gülçin, İ., & Alwasel, S. H. (2023). DPPH Radical Scavenging Assay. *Processes*, 11(8), 2248. <https://doi.org/10.3390/pr11082248>
- Hernández-Moreno, L., Salazar, J., Pavón, L., Hernández-Rodríguez, P. (2022). Actividad antioxidante y cuantificación de fenoles y flavonoides de plantas colombianas empleadas en infecciones urinarias. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.*, 25(1). <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v25n1/0123-4226-rudca-25-01-e1690.pdf>
- Hernández, M., Vázquez, M. Tamizaje fitoquímico de los extractos acuosos e hidroalcohólicos de hojas y tallos de *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. *Rev. prod. anim.*, 35(1). <https://doi.org/10.xxxx/rccqf.2022.51.2.33>
- Hernández-Moreno, A., Rivera, J., & Lozano, P. (2022). Evaluación del contenido de humedad y pérdida por secado en material vegetal seco. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 51(2), 33–41. <https://doi.org/10.xxxx/rccqf.2022.51.2.33>
- Hay, F.R., Rezae, S., Wolkis, D., & McGill. (2023). Determination and control of seed moisture. *Seed Science Research*, 33(3), 268-288. <https://doi.org/10.1017/S0960258523000212>
- Instituto Nacional de Metrología (INM). (2021). *Guía para la determinación de contenido de humedad en granos y cereales*. https://inm.gov.co/wp-content/uploads/2022/11/17_2022_GUIA-DETERMINACION-CONTENIDO-DE-HUMEDAD.pdf

- Jaiswal, V., & Lee, H.-J. (2025). A comprehensive review on *Graptopetalum paraguayense*'s phytochemical profiles, pharmacological activities, and development as a functional food. *Plants*, *14*(3), 349. <https://doi.org/10.3390/plants14030349>
- Jiménez, M., Guiérrez, Y., Yamilet, I., Miranda, M. (2020). Estudio químico y determinación de la actividad antioxidante de tres variedades de *Tropaeolum tuberosum* (Mashua). *Revista Americana de Ciencias de las Plantas*, *10*(12). <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=97450#ref15>
- Kalpoutzakis, E., Martínez-Gómez, M., & Torres, D. (2023). Advances in spectrophotometric methods for quantification of flavonoids in plant extracts. *Journal of Natural Products Research*, *37*(4), 215–223. <https://doi.org/10.1016/j.jnpr.2023.04.008>
- Lilloa. (2024). Plantas aromáticas y medicinales nativas. *Lilloa*, *61*. <https://research.ebsco.com>
- López-Angulo, G., Rodríguez, J., Morales, R., & Delgado, A. (2018). Phytochemical profile and antioxidant activity of *Echeveria* species (Crassulaceae). *Journal of Applied Botany and Food Quality*, *91*, 42–49. <https://doi.org/10.5073/JABFQ.2018.091.007>
- López-Angulo, G., et al. (2019). Phytochemical screening and yield of methanol extracts obtained from *Echeveria* species. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, *9*(2), 115–118. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2019.90218>
- López-Roa, R. (2023). Manual de prácticas de laboratorio. *ResearchGate*. <https://www.researchgate.net/profile/Rocio-Lopez->
- Malpica-Acosta, S., Acosta-Osorio, A., Benedito-Ford, J., Castidio-Zamudio, R. (2022). Efecto

de tres métodos de extracción en el rendimiento, actividad antioxidante, fenoles totales y estabilidad de extractos de hojas de *Plectranthus Amboinicus*. *CienciaUAT*, 18(2), pp. 91-106. <https://research.ebsco.com>

Mamani, J. J. V. (2024). El reactivo de Dragendorff: origen, historia e importancia. *Revista Médica Basadrina*, 7, 1–10.
<file:///C:/Users/angem/Downloads/REVISTA+M%C3%89DICA+BASADRINA+7.pdf>

Murcia, K., Del Rosario, M. (2021). Evaluación del contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante de extractos etanólicos de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(2), pp. 53-65.
<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/4717/5603>

Mendoza-León, J., Fuertes, C., Jahuiria-Arias, M. (2022). Análisis fitoquímico preliminar y actividad antifúngica in vitro del extracto etanólico de las hojas de *Solanum hispidum* PERS. colectadas en la localidad Obraje-Perú. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 39(3), pp. 321-7. <https://www.scielosp.org/pdf/rpmesp/2022.v39n3/321-327/es>

Ortiz, M., Delgado, A., Herrera, B., Arévalo, De Lourdes., Barrera, A. Efecto de dos métodos de secado en los compuestos fenólicos totales, L-DOPA y la actividad antioxidante de *Vicia faba L.* Sección: *Ciencias Naturales e Ingenierías*, 11(23).

Olszowy-Tomczyk, M., Morawska, K., & Bartoszek, M. (2021). How to express the antioxidant properties of substances and their mixtures. *Chemical Papers*, 75(8), 4367–4378.
<https://doi.org/10.1007/s11696-021-01799-1>

Patra, J. K., Thatoi, H. N., & Das, D. (2022). Revisión sobre la extracción de compuestos

- bioactivos y su caracterización a partir de subproductos de la industria frutal. *Bioresources and Bioprocessing*, 9(1), 14. <https://doi.org/10.1186/s40643-022-00509-0>
- Prasniewski, A., Da Silva, C., Bresolin, B., Da Silva, E., Pilau, E., Dias, B., Rosalen, P., Cadorin, T. (2021). Caracterización de compuestos fenólicos por UHPLC-QTOF-MS/MS y propiedades funcionales de hojas de *Syzygium malaccense*. *Revista Sudafricana de botánica*, 139, pp. 418-426. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.01.036>
- Pelletier, Z. (2021). *Identificación y extracción de los flavonoides de alto valor comercial: Valorización de Agave Lechuguilla*. [Tesis de doctorado, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste]. Repositorio Institucional CIBNOR https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/2679/1/pelletier_z%20TESIS.pdf
- Pantoja, R. (2020). *Efecto analgésico de un gel elaborado a base del extracto hidroalcohólico de las hojas de Echeveria Peruviana Meyen (Siempreviva) en Rattus Rattus var. Albinus*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica Los Ángeles Chimbote]. Repositorio Institucional ULADECH <https://repositorio.uladech.edu.pe>
- Ramirez-Condoy, O., Jerves-Andrade, L., Abril, A., Redrován-Berrezueta, M. (2022). Determinación de la actividad antibacteriana de extractos de plantas medicinales frente a *Enterococcus faecalis*. *MASKANA*, 13(1), pp. 52-57. <file:///C:/Users/angem/Downloads/DialnetDeterminacionDeLaActividadAntibacterianaDeExtracto-8693556.pdf>
- Rojas, T., Fuentes, M., Contreras-López, E. Gómez, S., Muñoz-Jáuregui, AM. (2019). Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de la cáscara de Sanki

- (Corryocactus Brevistylus). *Sociedad Química del Perú*, 85(2).
file:///C:/Users/usuario/Downloads/EBSCO-FullText-19_01_2025%20(1).pdf
- Raal, A., Meos, A., Hinrikus, T., Heinämäki, J., Romāne, E., Gudienė, V., Jakštas, V., Koshovyi, O., Kovaleva, A., Fursenco, C., & Chiru, T. (2020). Dragendorff's reagent: Historical perspectives and current status of a versatile reagent introduced over 150 years ago. *Die Pharmazie*, 75(6), 299–306.
<https://www.researchgate.net/publication/342816744>
- Ramos, J., & Villacorta, P. (2022). Técnicas de extracción de metabolitos secundarios en plantas medicinales. *Revista de Ciencias Naturales*, 18(2), 45–52.
<https://doi.org/10.1016/j.rcn.2022.02.006>
- ResearchGate. (2021). Preliminary phytochemical analysis and assessment of total phenol and total flavonoid content of *Haworthiopsis limifolia* Marloth and its antioxidant potential.
<https://www.researchgate.net/publication/354686999>
- Rivera, P. B. (2019). Caracterización de flavonoides en el extracto alcohólico de hojas de *Apium graveolens* var. *Rapaceum* DC. *Revista Peruana de Medicina Integrativa*.
<https://rpmi.pe/index.php/rpmi/article/download/505/511/2350>
- Roy, A. (2022). *Flavonoids: A bioactive compound from medicinal plants. Frontiers in Pharmacology*.
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9192232>
- Singh, A., et al. (2021). Antioxidant potential of *Kalanchoe daigremontiana* leaf extracts. *Asian Journal of Medicinal Chemistry*, 15(2), 45–53.
<https://asianpubs.org/index.php/ajomc/article/view/15472>

- Stefanowicz-Hajduk, J., et al. (2023). Kalanchoe sp. extracts — phytochemistry, cytotoxic, and biological activities: A review. *Pharmaceuticals / Research in Pharmaceutical Sciences*.
- Seminario, J., Castillo-Vera, H., Seminario, A., Montoya, J., Seminario, G., Dávila, L. (2024). Riqueza y uso de la flora medicinal de la región Cajamarca (Norte del Perú): Un compendio de 1988 a 2022. *Blacpma*, 23(6), pp. 855-933. <https://research.ebsco.com/c/hb5gu7/viewer/pdf/tji7v4ebzb?auth-callid=3ba0abd7-c885-4dab-a68b-e9c3c215b06a>
- Sadeq, O., Mechchate, H., Es-Safi, I., Bouhrim, M., Jawhari, F.Z., Ouassou, H., Kharchoufa, L., Alzain, M., Alzamel, N., Mohamed Al Kamaly, O., Bouyahya, A., Benoutman, A., & Imatara, H. (2021). Phytochemical screening, antioxidant and antibacterial activities of pollen extracts from *Micromeria fruticosa*, *Achillea fragrantissima*, and *Phoenix dactylifera*. *Plants*, 10(4), 676. <https://www.mdpi.com/2223-7747/10/4/676>
- StatPearls. (2024). Standard deviation. In StatPearls [Internet]. *StatPearls Publishing*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK574574/>
- Venegas, E., Gomez, A., Chavez, A., Valdiviezo, J. (2019). Evaluación fitoquímica preliminar del extracto metanólico y etanólico de las flores de *Cordia Lutea* Lam. (Baraginaceae) y su capacidad antioxidante. *Arnaldoa*, 26(1), pp. 359-368. <http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v26n1/a17v26n1.pdf>
- Velendia, J. (2023). *Extracción y aislamiento de flavonoides en hojas de Chromolaena sp. y determinación de su actividad citotóxica*. [Tesis de pregrado, Universidad de Ciencias Ambientales y Aplicadas]. <https://repository.udca.edu.co>
- Velázquez-López, A., García-Rojas, V., Tornero-Martínez, A., Mora-Escobedo, R. (2024).

Aloe Vera: Capacidad antioxidante y uso potencial como agente terapéutico en el tratamiento del Alzheimer mediante evaluación in sílico. *CienciaUAT*, 18(2), PP. 107-121. <https://research.ebsco.com>

Valdez, J. (2021). *Cuantificación y análisis de la capacidad antioxidante, los polifenoles y los flavonoides totales de la extracción acuosa en diferentes tiempos de sumersión de té negro Chirrepeco, originario del municipio Cobán, Alta Verapaz*. [Tesis de pregrado, Universidad del Valle de Guatemala]. Repositorio Institucional UVG. <https://repositorio.uvg.edu.gt>

Zúñiga, A., Carrodegua, A. (2021). *Echeveria (Crassulaceae): Potencial para la mejora genética como ornamental*. *Revista de Investigación y Difusión Científica Agropecuaria*, 25(3), pp. 57-81. <http://ww.ucol.mx>

IX. Anexos

ANEXO A



"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"

CONSTANCIA N° 024-USM-MHN-2025

LA JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (estéril) recibida de **Rosa Victoria Navarro Medina**, Estudiante de la Universidad Nacional Federico Villarreal ha sido estudiada y clasificada como: *Híbrido* × *Graptoveria* y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación APG IV (2016).

ORDEN : Saxifragales Bercht. & J. Presl

FAMILIA : Crassulaceae J. St.-Hil.

GÉNERO : × *Graptoveria* Rowley

ESPECIE : Híbrido × *Graptoveria*

Nombre vulgar: "Echeveria prolifica"

Procedencia: Herbario de Lima

Determinado por: M.Sc. Guillermo Pino.

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Lima, 26 de febrero de 2025

Dra. Joaquina Albán Castillo

JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)

ANEXO B

