

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



Caracterización fitoquímica de las hojas de *Peperomia portobellensis* Beurl., planta de uso terapéutico de importancia para terapeutas tradicionales del Consejo ACGERS utilizada en fitoterapia Maya-Q'eqchi'.

Trabajo de graduación modalidad de tesis presentado por

Belém María José González Onofre

para optar al grado académico de Licenciada en Biología

Guatemala,

2022

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



Caracterización fitoquímica de las hojas de *Peperomia portobellensis* Beurl., planta de uso terapéutico de importancia para terapeutas tradicionales del Consejo ACGERS utilizada en fitoterapia Maya-Q'eqchi'.

Trabajo de graduación modalidad de tesis presentado por

Belém María José González Onofre

para optar al grado académico de Licenciada en Biología

Guatemala,

2022

Vo. Bo.


(f) 

(Licda. Ana Isabel García Ambrosy)

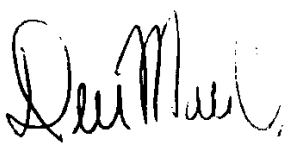
Tribunal Examinador

(f) 

(Licda. Ana Isabel García Ambrosy)

(f) 

(Licda. María José Bran Bonilla)

(f) 

(M.Sc. Daniela María Ochaita Santizo)

Fecha de aprobación: 28 de noviembre de 2022, Guatemala

Prefacio

Quiero agradecer a todas aquellas personas que formaron parte de mi etapa universitaria. De todas ellas aprendí algo o muchas cosas, tengo recuerdos gratos y espero que sea un sentimiento en doble vía.

A los departamentos de Biología y Química de la UVG, quienes además de ser parte importante en mi aprendizaje, permitieron y facilitaron la realización del presente trabajo de graduación. Especialmente agradezco a Priscila Juárez, Irma Orellana y al personal de Bodega que amablemente contribuyeron en la búsqueda y préstamos de reactivos, equipo e instalaciones dentro del campus.

A María José Bran, Angélica Hasselmann, Ana Luisa Mendizabal, José Chiquín y Hugo Oliveros; por la orientación brindada durante la fase experimental.

A la Unidad de Antropología Médica por permitirme realizar mis prácticas profesionales en el proyecto “Salud Verde” y hacer el enlace para poder trabajar con el Consejo ACGERS para el beneficio de la comunidad Q’eqchi’.

Al Consejo ACGERS por compartir su sabiduría y brindar el material vegetal para poder realizar este trabajo de investigación.

A mis compañeros de carrera y amigos, por todas las anécdotas compartidas, los retos superados, los conocimientos adquiridos, las habilidades desarrolladas y las giras de campo disfrutadas. Especialmente quiero agradecer a María Pira y Alejandra España, quienes estuvieron presentes en el desarrollo de mi metodología de tesis, colaborando conmigo en los procesos de laboratorio.

A mi familia por su constante apoyo a la distancia durante estos cinco largos años.

Índice

Contenido

Lista de cuadros	v
Lista de figuras.....	vi
Sinopsis	viii
Abstract.....	ix
I. Introducción.....	1
II. Antecedentes	3
III. Justificación.....	5
IV. Objetivos	7
A. Objetivo general.....	7
B. Objetivos específicos	7
V. Hipótesis.....	8
VI. Marco teórico	9
A. Etnobotánica	9
1. Conocimiento tradicional	9
2. Fitoterapia.....	9
3. Índices etnobotánicos	10
B. Plantas medicinales	10
1. Metabolitos secundarios.....	10
2. Familia Piperaceae	11
3. <i>Peperomia portobellensis</i> Beurl.....	11
C. Etnofarmacología.....	12
1. Tamizaje fitoquímico	13
2. Biodisponibilidad	13
D. Etnia Maya-Q'eqchi'	13
1. Ubicación geográfica.....	13
2. Economía y subsistencia.	14
3. Cosmovisión y espiritualidad.....	14
E. Protocolo de Nagoya.....	14

F. Proyecto Salud Verde	15
VII. Marco metodológico.....	16
A. Sitio de estudio.....	16
B. Sujeto de estudio.....	16
C. Diseño, enfoque y tipo de investigación	16
D. Tipo y tamaño de la muestra.....	16
E. Criterio de inclusión y exclusión	16
F. Variables	16
G. Metodología.....	16
1. Elección de planta a evaluar.....	16
2. Recolección de la muestra.....	17
3. Análisis de los aceites esenciales	17
4. Preparación de las muestras para las pruebas fitoquímicas.....	18
5. Extracción de metabolitos.....	18
6. Pruebas cualitativas	18
7. Elaboración de ficha etnofarmacológica	19
VIII. Resultados	20
A. Elección de la planta a evaluar.....	20
B. Aceites esenciales	21
C. Taninos.....	22
D. Esteroles.....	23
E. Glicósidos cianogenéticos.....	24
F. Sesquiterpenlactonas.....	24
G. Quinonas	25
H. Saponinas	26
I. Glicósidos cardiotónicos	27
J. Flavonoides	28
K. Alcaloides	29
L. Ficha de información etnofarmacológica integral	30
IX. Discusión de resultados	31

A.	Elección de la planta a evaluar.....	31
B.	Caracterización de aceite esencial	31
C.	Identificación de las familias	32
1.	Taninos	32
2.	Esteroles	32
3.	Glicósidos cianogenéticos	33
4.	Sesquiterpenlactonas	33
5.	Quinonas.....	33
6.	Saponinas	34
7.	Glicósidos cardiotónicos	34
8.	Flavonoides	34
9.	Alcaloides.....	35
D.	Metabolitos secundarios encontrados y usos terapéuticos atribuídos.....	36
E.	Avances en investigación etnobotánica	37
X.	Conclusiones	38
XI.	Recomendaciones	39
XII.	Referencias bibliográficas	40
XIII.	Anexos.....	50
A.	Metodología complementaria	50
1.	Pruebas de taninos.....	50
2.	Pruebas para esteroles	50
3.	Pruebas de glicósidos cianogenéticos	50
4.	Pruebas para sesquiterpenlactonas.	51
5.	Pruebas de quinonas	51
6.	Pruebas para saponinas.....	52
7.	Pruebas para glucósidos cardiotónicos.....	52
8.	Pruebas para flavonoides.....	53
9.	Pruebas para alcaloides	53
B.	Cuadros adicionales	54
C.	Figuras adicionales.....	57

Lista de cuadros

Cuadro 1 Priorización de especies vegetales por terapeutas tradicionales e índice etnobotánico UST para la elección de posible planta a estudiar.....	20
Cuadro 2. Detección de moléculas volátiles en aceites esenciales por cromatografía de gases con espectrómetro de masas. El no. de pico se refiere a la Figura 7 de Anexos.	21
Cuadro 3 Descripción de los resultados de pruebas cualitativas para taninos realizadas en los extractos de diclorometano y metanol.....	23
Cuadro 4 Descripción de los resultados de pruebas cualitativas para esteroides realizadas en los extractos de benceno, diclorometano y metanol (bajo luz UV).	23
Cuadro 5 Prueba de Guignard para confirma la presencia de glicósidos cianogénicos.	24
Cuadro 6 Descripción de los resultados de pruebas cualitativas para sesquiterpenlactonas realizadas en los extractos de diclorometano y metanol.	24
Cuadro 7 Cromatografía en capa fina (TLC) de la planta seca para la identificación de sesquiterpenlactonas (Figura 17).	25
Cuadro 8 Descripción de los resultados de pruebas cualitativas para quinonas realizadas en los extractos de benceno, diclorometano y metanol.	26
Cuadro 9 Descripción de los resultados de pruebas cualitativas para saponinas realizadas en los extractos de benceno, diclorometano y metanol.....	27
Cuadro 10 Descripción de los resultados de pruebas cualitativas para glicósidos cardiotónicos realizadas en los extractos de hexano, benceno, diclorometano y metanol.	28
Cuadro 11 Descripción de los resultados de pruebas cualitativas para flavonoides realizadas en los extractos de hexano, benceno y metanol.	29
Cuadro 12 Descripción de los resultados obtenidos para las pruebas cualitativas de alcaloides realizados con la planta seca.	29
Cuadro 13 Detección de moléculas volátiles en aceite esencial por cromatografía de gases con espectrómetro de masas. Los picos descritos se refieren al cromatograma de la Figura 7.....	54

Lista de figuras

Figura 1 <i>Peperomia portobellensis</i> Beurl. en campo.....	12
Figura 2 <i>Peperomia portobellensis</i> Beurl. preservada.....	12
Figura 3 Mapa lingüístico de Guatemala	14
Figura 4 Sistema de hidrodestilación.....	17
Figura 5 Sistema de extracción Soxhlet.....	18
Figura 6 Ficha etnofarmacológica de <i>Peperomia portobellensis</i> Beurl.....	30
Figura 7 Cromatograma de la hoja de <i>P. portobellensis</i> Beurl.....	57
Figura 8 Prueba de taninos para extracto de diclorometano. De izquierda a derecha: Blanco, prueba de gelatina, prueba de gelatina con sal y prueba de FeCl ₃	57
Figura 9 Prueba de taninos para extracto de metanol. De izquierda a derecha: Blanco, prueba de gelatina, prueba de gelatina con sal y prueba de FeCl ₃	58
Figura 10 Prueba de esteroides para extracto de benceno. 1) Blanco, 2) Prueba de Liebermann-Burchard, 3) Prueba de Liebermann-Burchard para saponinas esteroidales, 4) Prueba de Salkowski.....	58
Figura 11 Prueba de esteroides para extracto de diclorometano. 1) Blanco, 2) Prueba de Liebermann-Burchard, 3) Prueba de Liebermann-Burchard para saponinas esteroidales, 4) Prueba de Salkowski.....	58
Figura 12 Prueba de esteroides para extracto metanólico. 1) Blanco, 2) Prueba de Liebermann-Burchard, 3) Prueba de Liebermann-Burchard para saponinas esteroidales, 4) Prueba de Salkowski.....	59
Figura 13 Prueba de Guignard para la presencia de glicósidos cianogénicos 2 h luego de la exposición a 40 °C. De izquierda a derecha: extracto de benceno, hexano, diclorometano, metanol y planta seca.....	59
Figura 14 Prueba de Guignard para la presencia de glicósidos cianogénicos 24 h luego de la exposición. De izquierda a derecha: extracto de benceno, hexano, diclorometano, metanol y planta seca.....	60
Figura 15 Pruebas cualitativas para la detección de sesquiterpenlactonas en el extracto de diclorometano. De izquierda a derecha: Prueba de Legal y prueba de Baljet.....	60
Figura 16 Pruebas cualitativas para la detección de sesquiterpenlactonas en el extracto metanólico. De izquierda a derecha: Prueba de Legal y prueba de Baljet.....	60
Figura 17 Cromatografía en capa fina (TLC) para la detección de sesquiterpenlactonas. Donde: a) Placas antes de ser rociadas con la solución reveladora, b) placas luego de ser rociadas, c) placas bajo luz UV; 1) fase móvil de benceno-metanol (9:1) y 2) fase móvil de cloroformo-metanol (99:1).....	61
Figura 18 Prueba de Bornträger (Hidróxido de amonio). De izquierda a derecha: Benceno, diclorometano y metanol.....	61
Figura 19 Prueba de Bornträger (Hidróxido de sodio). De izquierda a derecha: Benceno, diclorometano y metanol.....	62

Figura 20 Prueba de acetato de magnesio. De izquierda a derecha: Antes de ser asperjado, después de ser asperjado y bajo luz UV. Extractos: B: Benceno, D: Diclorometano y M: Metanol	62
Figura 21 Prueba de espuma para la detección de saponinas en las hojas de <i>Peperomia portobellensis</i> Beurl.	62
Figura 22 Prueba de Salkowski para la detección de saponinas. De izquierda a derecha extractos de: benceno, diclorometano y metanol.....	63
Figura 23 Prueba de Kedde para glicósidos cardiotónicos. Para cada uno de los extractos se realizó la prueba con una, dos y tres gotas de cada extracto mencionado.....	63
Figura 24 Prueba de Raymond para glicósidos cardiotónicos. De izquierda a derecha: 1) Arriba: extracto de hexano, benceno, 2) Abajo: diclorometano y metanol (El tubo ubicado en la izquierda de cada fotografía representa el blanco del extracto evaluado).....	64
Figura 25 Prueba de Baljet para la identificación de glicósidos cardiotónicos en el extracto metanólico.....	64
Figura 26 Pruebas cualitativas para la detección de flavonoides en extracto de benceno. Donde: 1) Blanco, 2) Prueba de Cianidina, 3) Prueba de Shinoda y 4) Prueba de ácido sulfúrico.	65
Figura 27 Pruebas cualitativas para la detección de flavonoides en extracto metanólico. Donde: 1) Blanco, 2) Prueba de Cianidina, 3) Prueba de Shinoda y 4) Prueba de ácido sulfúrico.	65
Figura 28 Pruebas cualitativas para la detección de alcaloides primarios, secundarios y terciarios. De izquierda a derecha: Blanco, prueba de Mayer, de Wagner y de Dragendorff.	66
Figura 29 Pruebas cualitativas para la detección de alcaloides cuaternarios. De izquierda a derecha: Blanco, prueba de Mayer, de Wagner y de Dragendorff.....	66
Figura 30 Certificado de identificación de <i>P. portobellensis</i> Beurl.	67

Sinopsis

La etnobotánica permite comprender las interacciones entre distintas culturas con su entorno vegetal, siendo uno de los campos de estudio la fitoterapia. Esta es de amplia relevancia en países en vías de desarrollo al cubrir las necesidades primarias de atención de salud de la población. En Guatemala, las investigaciones de esta índole no integran los componentes antropológicos, botánicos y farmacológicos referentes al conocimiento tradicional de las etnias de la región. La presente investigación busca la incorporación de dichos factores, al realizar la caracterización fitoquímica de extractos de las hojas de *Peperomia portobellensis* Beurl., planta de importancia para terapeutas tradicionales Maya-Q'eqchi' del Consejo ACGERS bajo el marco del Proyecto "Salud Verde". Como métodos principales se realizaron extracciones con cuatro distintos solventes y múltiples pruebas cualitativas para la caracterización de metabolitos secundarios presentes en el material vegetal. Se determinó la presencia de ocho compuestos en el aceite esencial con actividades biológicas anteriormente comprobadas. Además, se confirmó la presencia de esteroides, sesquiterpenlactonas y flavonoides de tipo flavononas. Los compuestos presentes poseen diversas actividades biológicas, como capacidad antiinflamatoria, antimicrobiana, antifúngica, anti-protozoaria o analgésica. Es así como estas moléculas pueden sustentar la utilización de la planta para el tratamiento de afecciones cutáneas, leishmaniasis y como desinflamatorio. Sin embargo, se necesita de la realización de estudios toxicológicos y experimentos *in vitro* o *in vivo* para la verificación de estas propiedades.

Abstract

Ethnobotany allows us to understand the interactions between different cultures with their plant environment, one of the fields of study being phytotherapy. This is highly relevant in developing countries to cover the primary health care needs of the population. In Guatemala, research of this nature does not integrate the anthropological, botanical, and pharmacological components related to the traditional knowledge of the ethnic groups of the region. The present investigation seeks the incorporation of these factors, by carrying out the phytochemical characterization of extracts from the leaves of *Peperomia portobellensis* Beurl., an important plant for traditional Maya-Q'eqchi' therapists of the ACGERS Council under the framework of the "Green Health" Project. As main methods, extractions were carried out with four different solvents and multiple qualitative tests for the characterization of secondary metabolites present in the plant material. The presence of eight compounds in the essential oil with previously proven biological activities was determined. In addition, the presence of sterols, sesquiterpene lactones, and flavonoids of the flavanone type. The present compounds possess various biological activities, such as anti-inflammatory, antimicrobial, antifungal, anti-protozoal or analgesic capacity. This is how these molecules can support the use of the plant for the treatment of skin conditions, leishmaniasis and as an anti-inflammatory. However, toxicological studies and in vitro or in vivo experiments are needed to verify these properties.

I. Introducción

La etnobotánica, mediante el estudio de las relaciones de los grupos humanos y su entorno vegetal, ha permitido la investigación de funciones utilitarias de distintas plantas. Mediante la exploración y recolección de material vegetal se ha logrado el descubrimiento y desarrollo de nuevos productos naturales y fármacos para el tratamiento de afecciones (Horák et al, 2015). El conocimiento tradicional referente a la fitoterapia específicamente es de alta importancia en la actualidad. Esto último debido a que en Guatemala representa una de las principales modalidades de atención primaria de salud de la población, de las cuales el 54 % viven en condiciones de pobreza (Vargas y Andrade, 2018).

La sabiduría, prácticas y creencias que componen al conocimiento popular de la etnia guatemalteca Q'eqchi' ha sido objeto de estudios etnobotánicos anteriores. Entre algunas de las investigaciones más reciente se pueden mencionar: la evaluación de *Piper amalago* L., para tratar la enfermedad conocida como “susto” (Mullally et al, 2016), la investigación y revisión de las mujeres Q'eqchi' y la salud en la región del lago Izabal (Michel et al, 2016), el amplio estudio de la fitomedicina maya en Guatemala y una propuesta adicional de mecanismos de límites centrados en el paciente para fomentar asociaciones interculturales en el cuidado de la salud (Hitziger et al, 2016; Hitziger et al, 2017).

A pesar de las diversas investigaciones realizadas referentes al uso tradicional de material vegetal por segmentos de la población guatemalteca, son mucho los vacíos de información aún existentes. En las investigaciones etnobotánicas, las ramas antropológicas, botánicas y farmacológicas se unen y complementan para la obtención de resultados (Cerón, 2002). Sin embargo, la mayoría de los estudios realizados en el país solo se enfocan en uno de estos componentes obteniéndose por lo general únicamente listados de especies utilizados por los grupos de interés. El complementar estos datos con los otros campos de estudio permite generar investigaciones más robustas que visibilicen la importancia de la medicina tradicional y justifiquen el seguimiento de estudios etnomédicos. Asimismo, esta investigación es relevante puesto que genera información nueva sobre especies poco estudiadas.

Como objetivo principal de la investigación se realizó la caracterización fitoquímica de extractos de las hojas de *Peperomia portobellensis* Beurl., planta de uso terapéutico de importancia para terapeutas tradicionales pertenecientes al Consejo ACGERS utilizada en fitoterapia Maya – Q'eqchi'. Se identificaron las familias de metabolitos secundarios presentes en las hojas de la especie extraídos con cuatro distintos solventes químicos (hexano, benceno, diclorometano y etanol), que permitió explicar su uso en la fitoterapia Maya-Q'eqchi'. Para esto se calculó el índice etnobotánico (UST) y se tomó en cuenta la priorización de los terapeutas tradicionales, permitiendo determinar las especies de mayor relevancia, posteriormente se colectó el material vegetal y por último se realizó la extracción de metabolitos secundarios y múltiples pruebas cualitativas para su caracteriza-

ción. Esto se ejecutó durante el período junio – septiembre del 2022 en las instalaciones de los Departamentos de Biología y Química en la Universidad del Valle de Guatemala con el apoyo de la Asociación de Consejo de Guías Espirituales “Releb’aal Saq’e” -ACGERS-, la Unidad de Antropología Médica de la Universidad del Valle de Guatemala, el herbario UVAL y los Departamentos de Biología y Química de la UVG.

II. Antecedentes

En Guatemala prevalece el uso de plantas medicinales, porque dicho material vegetal y las prácticas tradicionales asociadas a su uso representan las principales modalidades de atención primaria de salud de la población (Vargas y Andrade, 2018). El uso de plantas medicinales por los Q'eqchi's de Guatemala ha sido objeto de estudios previos con diferentes enfoques. Algunos de los más recientes son: evaluación de una especie de planta, *Piper amalago* L., para tratar la enfermedad conocida como “susto” (Mullally et al, 2016), la investigación y revisión de las mujeres Q'eqchi' y la salud en la región del lago Izabal (Michel et al, 2016), el amplio estudio de la fitomedicina Maya en Guatemala y una propuesta adicional de mecanismos de límites centrados en el paciente para fomentar asociaciones interculturales en el cuidado de la salud (Hitziger et al, 2016; Hitziger et al, 2017). Entre otros de los estudios de fitoterapia realizados en el país, y mencionándolos de manera más desglosada, se encuentran:

Saravia et al, (2015) determinaron la capacidad de los extractos de seis plantas de uso etnomédico (*Acacia hindsii* Benth., *Aristolochia máxima* Jacq., *Cissampelos pareira* L., *Hamelia patens* Jacq., *Piper peltatum* L. y *Sansevieria hyacinthoides* (L.) Druce) para neutralizar los efectos proteolítico y fosfolipasa A2 (PLA2) del veneno de *Bothrops asper*. Se concluyó que no es recomendable el uso aislado de estas plantas en el tratamiento del envenenamiento por mordedura, aunque posiblemente las que demostraron alguna actividad (*S. hyacinthoides*, *P. peltatum* y *C. pareira*) puedan resultar potenciadas al usarse en combinación con otras plantas, como se hace en las recetas tradicionales. Dada la complejidad de los componentes del veneno y sus efectos fisiopatológicos, indican que falta investigar la capacidad de las plantas estudiadas para neutralizar las coagulopatías, edema y miotoxicidad producidas durante el envenenamiento.

Marroquín (2016), evaluó el efecto cicatrizante de los extractos etanólicos de hoja y corteza de mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.). Los resultados obtenidos en el análisis químico para determinar la cantidad de flavonoides y taninos en los extractos etanólicos de hojas de *R. mangle*, muestran estadísticamente que es similar a la que se encuentra en los de corteza. Debido a esto, las hojas puede ser una buena opción para la generación de tratamientos cicatrizantes.

Ramírez (2019), identificó los componentes químicos presentes en las hojas y corteza de *Vitex gaumeri* Greenm. siendo estos posibles precursores para el tratamiento de leishmaniasis cutánea. Se identificaron en la hoja taninos derivados del pirogalol, esteroides, quinonas que no son antraquinonas, flavonoides de tipo flavonas y alcaloides cuaternarios. En la corteza se detectaron taninos derivados del ácido gálico y del pirocatecol, quinonas que no son antraquinonas, saponinas, flavonoides de tipo flavononas, flavonoles y posiblemente alcaloides. Con esto, la corteza podría tener posibilidades de tener actividad anti- leishmaniasis por la presencia de saponinas, compuestos ausentes en las hojas.

Morán (2020) evaluó la actividad antimicrobiana *in vitro* del extracto etanólico del ixbut (*Euphorbia lancifolia* Schltdl.). El extracto etanólico presentó actividad antimicrobiana frente a la bacteria *Bacillus subtilis* sub. *spizizenii* a una concentración inhibitoria mínima de 1 mg/mL. Además, se determinó la presencia de flavonoides, posibles esteroides o triterpenoides; pudiendo ser estos metabolitos secundarios los causantes de la actividad antimicrobiana presentada.

III. Justificación

Cualquier tratamiento que conlleve el uso de la medicina tradicional se basa en conocimiento empírico mezclado con cultura "mágico-religiosa". En otras palabras esta se sustenta en creencias, mitos y ritos propios de una población. Asimismo, tiene un enfoque integral en la salud, reflejando al ser humano como un ser cultural y social; teniendo además la bondad de establecer mejores relaciones entre el paciente y el médico (Fagetti, 2011). Se basa en el conocimiento ambiental local, es adaptativa a los contextos espaciotemporales y sus poseedores son principalmente los pueblos originarios. En esta se incluyen saberes botánicos, zoológicos, ecológicos y tecnológicos. Siendo la más antigua de todas las terapias, en la actualidad cobra relevancia por la búsqueda de alternativas a la medicina alópata para el tratamiento de enfermedades (Chávez *et al*, 2017).

La importancia de la medicina tradicional radica en el apoyo a la cultura local y a los modos de vida tradicionales. La escasez de recursos económicos para optar por medicina occidental, el difícil acceso a servicios médicos y por cuestiones de cosmovisión y cosmogonía vuelven a esta práctica la principal opción y en algunos casos, la única para atender las enfermedades de los pueblos tradicionales (Chávez *et al*, 2017). Sin embargo, la globalización, la migración hacia los grandes centros urbanos y el progresivo deterioro ambiental obligan a la población a la modificación de las formas en las cuales atienden su salud. Otro factor que pone en peligro de desaparición a la medicina tradicional es la falta de nuevos receptores de dichos conocimientos ancestrales (López, 2018).

La medicina Maya está oficialmente reconocida en la Constitución de Guatemala desde los Tratados de Paz de 1996. No obstante, esto no tiene un impacto relevante en la práctica médica ya que no existen planes de financiamientos ni oportunidades de formación formalizada. A consecuencia de esto, las asociaciones médicas interculturales en el país se perciben como infructuosas, generan desconfianza y son víctimas de violencia estructural (Hitziger *et al*, 2017). Es necesario que los recursos utilizados en la medicina tradicional sean valorados, además de fomentar la investigación etnofarmacológica que sustente los conocimientos de los pueblos originarios. De esta manera será posible la obtención de nuevos medicamentos y el análisis de la seguridad y eficacia de los tratamientos ya utilizados (González y Vallejo, 2013).

Anteriormente, tanto la etnia Maya-Q'eqchi' como sus relaciones con el ambiente ya ha sido objeto de estudio. Sin embargo, estos no generan información enlazada o robusta, puesto que no incorporan los contextos etnográficos, biológicos y farmacológicos en la investigación. Esto ha generado como resultados listados de especies, de los cuales rara vez se evalúan a nivel clínico las propiedades que poseen. Por lo tanto, los principales vacíos que se muestran en estos estudios son de índole farmacológica. Aunado a esto, el miedo por la pérdida de diversidad y el aprovechamiento de las plantas por terceros ha llevado a los Q'eqchi's a engavetar su conocimiento durante mucho tiempo. Es por esto

que el justificar las propiedades atribuidas a la medicina tradicional de dichos pueblos ayudará a visibilizarla y generar más estudios que justifiquen su uso.

La caracterización fitoquímica de las hojas de *P. portobellensis* Beurl. mediante pruebas cualitativas permitirá llenar vacíos de información sobre la composición de la especie de interés. Estos métodos son utilizados en las primeras fases de exploración en etnofarmacología por su practicidad y facilidad para detectar diversos metabolitos secundarios contenidos en los extractos y la identificación de diversos tipos de actividades de relevancia farmacéutica (Ochoa *et al*, 2018). Con estas pruebas se obtendrán datos de presencia/ausencia de metabolitos específicos, los cuales serán importantes para justificar el uso medicinal actual del material vegetal. Además, es importante recalcar que con dicho estudio se evaluará una especie poco estudiada a nivel mundial por lo que se estará generando información sobre la flora propia del país con relevancia etnobotánica. Finalmente, este estudio busca englobar la parte etnográfica, botánica y farmacológica en estudios etnobiológicos realizados en el país, generando resultado más robustos y relevantes respecto al conocimiento local.

IV. Objetivos

A. Objetivo general

Caracterizar las familias de metabolitos secundarios presentes en las hojas de *Peperomia portobellensis* Beurl., planta de uso terapéutico de importancia para terapeutas tradicionales del Consejo ACGERS utilizada en fitoterapia Maya - Q'eqchi'.

B. Objetivos específicos

- Identificar mediante valoración de priorización brindada por terapeutas tradicionales y el índice etnobotánico UST (Nivel de Uso Significativo) las plantas de mayor importancia para los terapeutas tradicionales Maya - Q'eqchi' del consejo ACGERS.
- Determinar las familias de metabolitos secundarios presentes en la especie seleccionada, mediante pruebas cualitativas.
- Relacionar los metabolitos secundarios encontrados en *P. portobellensis* Beurl., con los usos medicinales atribuidos en la fitoterapia Maya - Q'eqchi' del Consejo ACGERS.
- Diseñar una ficha de información etnofarmacológica integral sobre *P. portobellensis* Beurl.

V. Hipótesis

Se identificarán con pruebas cualitativas, las familias de metabolitos secundarios presentes en las hojas de la especie *Peperomia portobellensis* Beurl. extraídos con cuatro distintos solventes químicos (hexano, benceno, diclorometano y etanol), que permitirán explicar su uso en la fitoterapia Maya-Q'eqchi' dado por el Consejo de terapeutas tradicionales ACGERS.

VI. Marco teórico

A. Etnobotánica

La palabra “etnobotánica” proviene de la combinación de dos campos de estudio: la etnología “estudio de la cultura” y la botánica “estudio de las plantas”. Este término se utilizó por primera vez en 1895 por John William Harshberger, sin embargo, la historia de esta disciplina se extiende desde el principio de la civilización, cuando los seres humanos percibieron a las plantas como una fuente de supervivencia (Arenas, 2012; Horák et al, 2015). En los inicios de la etnobotánica moderna esta se centraba en las relaciones e interacciones entre los hombres y plantas en un enfoque más ecológico. Posteriormente, el tema se convierte en uno de tipo cultural. Actualmente, las funciones utilitarias de las plantas es el principal tema de investigación de la etnobotánica (Horák et al, 2015).

Uno de los principales objetivos de la etnobotánica es la interpretación de los saberes locales, no sólo aquellos que pueden considerarse estáticos en el tiempo, sino también los saberes actuales que interactúan con los primeros. Esta disciplina se centra en la exploración de nuevos recursos vegetales, recolección de material genético, descubrimiento de fármacos o medicamentos derivados de las plantas y el desarrollo de nuevos productos naturales. En estudios de este tipo confluyen tres disciplinas pilares como la Antropología, Ecología y Botánica, haciendo énfasis en el conocimiento de las propiedades y utilización de las plantas y todo su entorno hombre-ambiente (Horák et al, 2015; Luján y Martínez, 2019).

1. Conocimiento tradicional. El conocimiento ecológico tradicional es también conocido como conocimiento ambiental tradicional, conocimiento indígena, conocimiento ecológico local o conocimiento popular. Ha sido definido como “un cuerpo acumulativo de conocimientos, prácticas y creencias que evoluciona a través de procesos adaptativos y es transmitido mediante formas culturales de una generación a otra acerca de las relaciones entre seres vivos, incluyendo los seres humanos, y de los seres vivos con su medio ambiente” (Berkes, Colding y Folke, 2000). Al igual que el conocimiento científico, el conocimiento tradicional es producto de un proceso acumulativo y dinámico de experiencias y adaptación al cambio. A diferencia del conocimiento científico, el conocimiento tradicional es local, holístico y portador de una cosmovisión que integra aspectos físicos y espirituales (Reyes, 2009).

2. Fitoterapia. Eichele (2010) define a la fitoterapia como el uso de plantas o extractos de ellas, que normalmente no forman parte de una dieta saludable, con fines medicinales. Los agentes fitoterapéuticos contienen ingredientes activos provenientes de diferentes partes de plantas o material vegetal, en estado natural o procesado. Estos pueden ser preparados por maceración, percolación, destilación o evaporación de

disolventes. Posteriormente, son administrados en una forma altamente concentrada, para garantizar su efecto terapéutico (Horák et al, 2015).

En la actualidad la importancia de la fitoterapia radica en contribuir a brindar servicios relacionados con la Atención Primaria de la Salud. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), debido a la pobreza y a la falta de acceso a la medicina moderna, alrededor del 65 % al 80 % de la población mundial que vive en África, Asia y América Latina (países en vías de desarrollo) dependen esencialmente de la medicina tradicional basada en el uso de plantas (Horák et al, 2015; Cruz, 2016).

3. Índices etnobotánicos

a. **Nivel de Uso Significativo Trámil (UST).** Permite estimar el nivel de uso significativo para cada especie y verificar su aceptación cultural. Esta metodología expresa que aquellos usos medicinales que son citados con una frecuencia superior o igual al 20 % por las personas encuestadas que usan plantas como primer recurso para un determinado problema de salud, pueden considerarse significativos desde el punto de vista de su aceptación cultural y merecen su evaluación y validación científica (Zambrano et al, 2015). El UST se calcula mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 1: Nivel de Uso significativo Trámil (UST)

$$UST = \frac{Uso\ especie\ (s)}{Nis} * 100$$

Donde:

Uso especie (s): Número de citas para cada especie

Nis: Número de informantes encuestados.

(Zambrano et al, 2015).

B. Plantas medicinales

Se denomina plantas medicinales a aquellas que pueden utilizarse enteras o por partes específicas (hojas, flores, frutos, cortezas, tallos o raíces), para tratar enfermedades de personas o animales. La acción terapéutica (alivio o mejora), se debe a sustancias químicas llamadas principios activos (González, 2020). El uso de plantas medicinales es resultado de la experiencia e íntimo contacto con la naturaleza que el hombre ha acumulado por generaciones, así como de la convivencia entre las diferentes culturas. Este saber ha permitido que sobrevivan comunidades que habitan en lugares apartados, donde hay carencias de servicios médicos y donde las comadronas, “yerberos”, curanderos y abuelos son los principales responsables de la salud de los habitantes (Gómez, 2012). El uso atribuido a las especies medicinales es empírico. Tradicionalmente se relacionaba a la forma del órgano vegetal con el órgano del cuerpo humano en la cual ejercerían su acción. Este esquema ha variado con el paso del tiempo y el arsenal terapéutico de plantas empleadas como medicinal ha ido en aumento (Soria, 2018).

1. **Metabolitos secundarios.** Compuestos químicos sintetizados por las plantas, derivados del metabolismo primario que cumplen múltiples funciones no vitales, interviniendo en las interacciones ecológicas para protegerla de herbivoría, virus, hongos y bacterias. Además, son componentes importantes como principios activos en medicamentos y de otros productos químicos (Rojas, Jaramillo y Lemus, 2015).

Los compuestos secundarios de plantas de interés comercial han sido incluidos en tres principales categorías según las rutas biosintéticas que siguen: terpenos, compuestos fenólicos y compuestos nitrogenados. Los terpenos se forman por la polimerización de unidades de isoprenos y esteroides y se dividen en seis grupos: monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, triterpenos, tetraterpenos y esteroides (Pérez y Jiménez, 2011).

Entre los compuestos fenólicos se incluyen los ácidos fenólicos, cumarinas, flavonoides y taninos. Las aplicaciones farmacéuticas de estos compuestos son considerables. Se refieren sus efectos como analgésicos, antibacterianos, antihepatotóxicos, antioxidantes, antitumorales, inmunoestimulantes, entre otras.

Los compuestos nitrogenados son principalmente los alcaloides y glucósidos cianogénicos. Los alcaloides son un diverso grupo de compuestos con cerca de 4,000 estructuras conocidas. Estos son fisiológicamente activos en humanos y de gran interés en la industria farmacológica. Por otra parte, los glucósidos cianogénicos se consideran posiblemente, los metabolitos secundarios con mayor relación en las funciones de defensa (Pérez y Jiménez, 2011).

2. Familia Piperaceae. Dentro de esta familia botánica se frecuentan especies herbáceas aromáticas, y rara vez árboles, lianas o epífitas. Presentan hojas alternas, enteras a menudo cordadas en la base, frecuentemente la morfología foliar puede variar drásticamente en una misma planta. Las piperáceas tienen una gran diversidad de metabolitos secundarios con actividades biológicas. Entre estos se encuentran lignanos, neolignanos, terpenos, propenilfenoles, chalconas, flavonas, benzopiranos, amidas y alcaloides de amida (Carmona, Gil y Rodríguez, 2008; Guayanlema y Vargas, 2017).

3. *Peperomia portobellensis* Beurl. «Epífita, escandentes, a menudo péndulas, esciófilas, suculentas; tallos 20-45 cm de largo, simples o laxamente ramificados, la mayoría de los nudos radicantes, cicatrices foliares discretas, entrenudos 2.5-5 cm de largo, epidermis a menudo exfoliante, pelúcidos-punteados, glabros, ocasionalmente ciliados cerca a los nudos o densa y cortamente pubescentes en los nudos distales. Hojas alternas, uniformes en forma y tamaño a lo largo de los ejes, elíptico-ovadas a elíptico-lanceoladas, 5-9 cm de largo y 1.5-5.2 cm de ancho, cortamente acuminadas en el ápice, obtusas o cuneadas en la base, negro-punteadas, ciliadas marginalmente, glabrescentes, coriáceas, verde oscuras; peciolos 0.3-1.5 cm de largo o ausentes, glabros o ciliados. Inflorescencia simple, espigas solitarias u ocasionalmente en pares, erectas, curvadas distalmente o péndulas, pedúnculo de 2-2.5 cm de largo, puberulento, raquis 6.5-15 cm de largo, negro-punteado, glabro, brácteas florales membranáceas, negro-puntadas, glabras, flores laxamente agrupadas en el raquis, sésiles; estigma subapical. Fruto cilíndrico, elipsoide, 1.1-1.3 cm de largo, pelúcido-punteado, café, cortamente rostrado, con el pico oblicuo, el cuerpo de fruto basalmente fijado al raquis» (Douglas-Stevens, 2001).

«Es común en bosques secos o premontanos y en sitios perturbados, a alturas de 60 a 1,000 msnm. La floración y fructificación se da durante todo el año. Con frecuencia y a lo largo de su distribución crece asociada a *Codonanthe crassifolia* (H. Focke) C.V. Morton en nidos de hormiga» (Douglas-Stevens, 2001).

Esta planta la usan los terapeutas asociados al Consejo ACGERS, conocida bajo los nombres comunes K'amb'ol'ay q'een y Saq kar q'een. Se utiliza para tratar mordeduras de serpiente, afecciones cutáneas y como desinflamatorio. Las formas de aplicación más

recomendadas o utilizadas es la de emplasto sobre la zona afectada, baños o infusiones (Consejo ACGERS, 2019).



Figura 1 *Peperomia portobellensis* Beurl. en campo (Jiménez, 2022).



Figura 2 *Peperomia portobellensis* Beurl. preservada (Field Museum of Natural History, 2022).

C. Etnofarmacología

Se le considera como el estudio científico de los usos tradicionales de plantas y otros organismos con fines médicos; además esta puede ser entendida como una especialización dentro de la etnobiología. Es un concepto surgido en 1967 en donde Efron la define como «La exploración interdisciplinaria de los agentes biológicamente activos tradicionalmente empleados por el hombre». Schultes en 1995 acuña una nueva definición al decir que es «La observación, identificación, descripción e investigación experimental de los efectos de las drogas utilizadas en la medicina tradicional» (Dorado, 2020).

Uno de los objetivos de la etnofarmacología es seleccionar especies vegetales de importancia cultural y evaluar su actividad farmacológica. Con este fin, se hacen ensayos

con los extractos de plantas para probar las propiedades curativas descritas por los grupos tradicionales al integrar una evaluación etnofarmacológica sistemática. Esta ciencia es multidisciplinaria abarcando observaciones en campo, descripciones de uso y preparación de los remedios, la determinación botánica del material obtenidos, estudios fitoquímicos para aislar los compuestos presentes en las plantas, así como los estudios farmacológicos (Dorado, 2020).

1. Tamizaje fitoquímico. Etapa de relevancia en la investigación fitoquímica, puesto que se pueden conocer de manera cualitativa los grupos químicos primordiales que hay en una planta. Con ello se busca direccionar la extracción y/o fraccionamiento de los extractos para separar los grupos más relevantes. Este utiliza diferentes ensayos para determinar grupos de metabolitos secundarios (Yactayo, 2021).

2. Biodisponibilidad. Las plantas son una fuente importante de nutrientes y principios activos, responsables de actividades farmacológicas sobre el organismo que pueden resultar interesantes para la salud. La biodisponibilidad se refiere a la presencia de principios activos en las plantas y que luego, estos pasen en solución a los líquidos orgánicos haciendo que sean efectivos. La biodisponibilidad de los extractos vegetales suele ser irregular y a menudo pobre, debido a su composición compleja y a los diversos factores que influyen en su farmacocinética. Dentro de los principales factores que modifican la biodisponibilidad de los principios activos de las plantas son: solubilidad, dimensión del polvo, polimorfismo de los principios activos, reacciones de degradación, vía de administración, entre otras. Para obtener una buena biodisponibilidad de los extractos vegetales, debe tenerse en cuenta su composición en principios activos y las solubilidades de estos. Debe existir un equilibrio entre hidrofilia y la liposolubilidad que marcará su capacidad de atravesar las biomembranas lipídicas (Alonso y Allué, 2015; Berdonces, 2019).

D. Etnia Maya-Q'eqchi'

1. Ubicación geográfica. La mayoría de los hablantes del idioma Q'eqchi' viven al norte de Guatemala, los cuales se concentran en el departamento de Alta Verapaz. En general la comunidad se extiende desde el departamento de Quiché, en el Occidente; hasta el departamento de Izabal, en el Oriente. Los departamentos y municipios donde se habla Q'eqchi' son los siguientes: en Alta Verapaz: Chahal, Chisec, Cobán, Fray Bartolomé de Las Casa, Lanquín, Panzós, Chamelco, Carchá, Cahabón, Senahú, Tukurú. En Baja Verapaz: Purulhá. En Petén: La Libertad, Poptún, San Luis y Sayaxché. En Quiché: Ixcán, Playa Grande y Uspatán. En Izabal: El Estor, Livingston y Morales. Y en Belice: Distrito de Toledo. La comunidad Q'eqchi' tiene una cobertura geográfica en Guatemala de aproximadamente 12,783 km² y cuenta con una población de 1 370,007 hablantes (Aguaré, 2016; INE, 2018).



Figura 3 Mapa lingüístico de Guatemala

(Estrada, 2006).

2. Economía y subsistencia. La principal actividad económica de los Q’eqchi’s está representada por la agricultura. Siembran maíz y frijol, los cuales son los principales componentes del alimento familiar. Estos son complementados con la crianza de aves, cerdos y otros. Otras fuentes de ingreso lo constituyen las artesanías, el tejido de huipiles, la restauración de trajes y máscaras de bailes, el xiitink (traducción, remendar a mano), el b'onok (trad. pintar máscaras), la sastrería, la carpintería y la albañilería (Aguaré, 2016).

3. Cosmovisión y espiritualidad. La espiritualidad Maya es el elemento medular de la cosmovisión Maya. Esta espiritualidad considera al hombre y a la mujer como parte de la naturaleza; así como a los demás seres que viven en ella. Dentro de esta espiritualidad, y según el Pop Wuj, todos le deben respeto y veneración al Ser Supremo: el Creador y Formador, o sea el corazón del cielo y de la tierra o Ajaw (Creador y dueño de todo el universo y la vida misma). La civilización Maya sustentó todas sus creaciones en una concepción, lo cual todavía está vigente. El pensamiento Maya no establece diferencias entre tiempos, espacios o actividades sagradas y tiempos profanos. Toda la vida está inmersa dentro de una misma realidad, donde la divinidad está presente en los ámbitos natural y social (Cucul, 2012).

Las creencias y las prácticas de la espiritualidad Maya abarcan momentos específicos y grandes acontecimientos. Entre estos puede mencionarse: el nacimiento de un niño, la siembra y cosecha, la pedida de la novia, la salud y enfermedad. En fin, todas son ocasiones para ofrendar y agradecer al Ajaw. La espiritualidad Maya consiste en el logro del equilibrio, respeto y armonía del ser humano con todo lo que le rodea y que forma parte del cosmos. Significa guardar respeto y convivencia con sus semejantes, mostrando una actitud positiva y el principio de valores morales como manifestación de la práctica de la obediencia y de la autoestima de la persona (Cucul, 2012).

E. Protocolo de Nagoya

El “Protocolo de Nagoya sobre Acceso a los Recursos Genéticos y Participación Justa y Equitativa en los Beneficios que se Deriven de su Utilización” es el instrumento

internacional que desarrolla el tercer objetivo del Convenio sobre la Diversidad Biológica con la finalidad de que el acceso sea transparente, ágil y en términos equitativos. Agrega que el medio por el cual se accede a los recursos genéticos debe ser apropiado, que puede ser transferencia de tecnología y que requiere financiación. Lo nuevo en materia del objetivo es el reconocimiento de que el acceso a los recursos genéticos contribuye a la conservación de la diversidad biológica y su utilización sostenible (Sarmiento, 2014). Entre algunos de los objetivos centrales del Protocolo está la participación “justa y equitativa” de los beneficios que deriven de la utilización de recursos genéticos. Esto es uno de los principales retos para las comunidades de científicos, investigadores, comunidades indígenas y para la comunidad educativa (Rojas, 2013).

F. Proyecto Salud Verde

El proyecto “Salud Verde” llevado a cabo principalmente por la Unidad de Antropología Médica del CES-UVG, la Universidad de Londres (UCL) y el consejo de Guías Espirituales Releb’aal Saq’e’ – ACGERS-, bajo la Darwin Initiative Foundation, a través de una plataforma transdisciplinaria, involucra a grupos indígenas, gobierno, academia y sector privado buscando fortalecer la protección de la biodiversidad y el acceso/distribución de beneficios derivados de la misma. En conjunto, investigan el uso de la biodiversidad en la medicina Maya-Q’eqchi’ por terapeutas tradicionales, buscando proteger el conocimiento, aumentar el acceso, evaluar el potencial y establecer mecanismos de beneficios compartidos y operativos de implementación inclusivos y respetuosos de los conocimientos y prioridades de los pueblos indígenas para la mejora en salud y prosperidad de grupos marginados. La metodología implementada busca cumplir con lo establecido en el protocolo de Nagoya, en donde los procesos establecidos sean mutuamente aceptables y que cumplan con las regulaciones nacionales e internacionales. Esta investigación se centra en médicos tradicionales Q’eqchi’ de las tierras bajas y altas centrales de Petén, sitio que enfrenta el aumento en la pérdida de biodiversidad a costa de la urbanización, plantaciones de palma africana y ganado, además de otros departamentos como lo son Alta Verapaz e Izabal. Estas acciones generan un impacto negativo a los medios de vida de las poblaciones empobrecidas y vulnerables de la zona, las cuales dependen de la fitoterapia tradicional Maya (UAM-CES, 2022).

DISCLAIMER: Con base en lo establecido en el código de Acceso y Distribución de Beneficios del Protocolo de Nagoya (ABS) para la defensa y promoción de los derechos sobre el conocimiento asociado a los pueblos indígenas se aclara que: **los conocimientos tradicionales aquí mencionados y todos los resultados derivados de estos, pertenecen única y exclusivamente al Consejo de terapeutas tradicionales Q’eqchi’ Releb’aal Saq’e’ – ACGERS-** bajo los acuerdos establecidos en el proyecto “Salud Verde”. Se solicita tomar las medidas necesarias para la obtención de los permisos correspondientes en caso se desee continuar con la investigación o utilizar la información aquí mencionada.

VII. Marco metodológico

A. Sitio de estudio

Las muestras fueron recolectadas en Ixobel, Poptún, Petén, Guatemala y el análisis fitoquímico se realizó en los laboratorios de la Universidad del Valle de Guatemala (UVG), Campus Central.

B. Sujeto de estudio

El sujeto de estudio fueron las hojas de la hierba saxícola *Peperomia portobellensis* Beurl. colectada en el sitio de estudio anteriormente mencionado. La cantidad de hojas evaluadas fue brindada por el Consejo ACGERS según la disponibilidad de material vegetal en el vivero comunitario “Popol Jay” o en las áreas colindantes a este.

C. Diseño, enfoque y tipo de investigación

La investigación involucró un diseño no experimental de tipo transversal descriptivo con enfoque cualitativo para el tamizaje completo de las hojas de la planta.

D. Tipo y tamaño de la muestra

La muestra fue de tipo no probabilístico por conveniencia: se eligió la muestra por cercanía al sitio de estudio. El tamaño de muestra fue unitario debido a la naturaleza de la investigación.

E. Criterio de inclusión y exclusión

El criterio de inclusión fue el de selección de la hoja de acuerdo con la información brindada por los terapeutas tradicionales respecto a su uso terapéutico. Se excluyeron otros órganos de la planta debido a que estos no son utilizados por los terapeutas para el tratamiento de afecciones.

F. Variables

- Independiente cualitativa: Tipo de solvente
- Dependiente cualitativa: Metabolito presente

G. Metodología

1. Elección de planta a evaluar. Se trabajó con una base de datos de información colectada en el proyecto Salud Verde de la Unidad de Antropología Médica del Centro de Estudios en Salud de la Universidad del Valle de Guatemala. Durante el desarrollo de este proyecto, se generó un taller con los terapeutas tradicionales del Consejo ACGERS subdivididos en tres grupos. La metodología de la evaluación consistió en brindar un listado de plantas utilizadas por ellos para el tratamiento de afecciones y se solicitó que cada grupo discutiera y establecieran una valoración a cada especie. Esta puntuación consistió en una escala de 1 a 3, en donde 3 era muy importante; 2, medianamente importante y 1, no tan importante. Con esto, se realizó la sumatoria de la puntuación brindada por los tres grupos y las especies se ordenaron de forma descendente por impor-

tancia brindada por los terapeutas tradicionales. También se calculó el Nivel de Uso Significativo TRAMIL (UST). Dicho índice se obtuvo con la fórmula mencionada en el inciso 3a del Marco Teórico.

2. Recolección de la muestra. Se recolectó 1.0 kg de hojas de *P. portobellensis* Beurl. en los meses de junio y agosto de 2022, ubicadas en Ixobel, Poptún, Petén, Guatemala por terapeutas del consejo ACGERS previamente identificada junto al equipo de la UAM - UVG. Además, se recolectaron muestras de la especie con flor y fruto, las cuales fueron herborizadas y guardadas en el Herbario UVAL, ubicada dentro de la Universidad del Valle de Guatemala. El certificado de identificación taxonómica se incluye en Anexos. Las muestras vegetales se trasladaron en bolsas de cierre hermético dentro de una hielera.

3. Análisis de los aceites esenciales. Se rellenaron tres cuartas partes de un balón de tres bocas de 500 mL con muestra fresca de hojas de *P. portobellensis* Beurl. y se armó un sistema de hidrodestilación (Figura 4) (Ramírez, 2019).



Figura 4 Sistema de hidrodestilación.

Se realizó una hidrodestilación por dos horas. Se extrajeron los aceites esenciales por extracción líquido-líquido con una porción de 10 ml diclorometano y se utilizó 1 mL de solución saturada de cloruro de sodio para separar la fase orgánica de la acuosa. Este proceso se repitió con otros dos lavados del mismo volumen de diclorometano (Ramírez, 2019).

Se secó la fase orgánica agregando sulfato de sodio anhidro hasta que se dejaron de formar grumos. Se esperó al menos 10 min para asegurar la sequedad de la solución. Se decantó la solución y se evaporó el solvente en una cápsula de evaporación dentro de un baño María. Se lavó el sulfato de sodio con 1 mL de diclorometano y se decantó en la cápsula (Ramírez, 2019).

El aceite obtenido se analizó por cromatografía de gases con detector de masas (CG-EM), utilizando una columna DB wax (con dimensiones 60 m de largo, 0.25 de diámetro y con partícula de 0.25 μm de diámetro) por 80 minutos con las siguientes condiciones:

una corrida isotérmica de 2 minutos de 60 °C seguido de un aumento de temperatura a 235 °C con 3 °C/min de pendiente y otra corrida isotérmica a 235 °C por 20 minutos. Se inyectó 0.2 µL de muestra con un inyector splitless a 250 °C, una interfase a 280 °C y un flujo de helio a 0.5 mL/min (Ramírez, 2019).

Se determinaron los componentes de los aceites esenciales con el cromatograma obtenido y la base de datos del CG-EM. Para esto se utilizó el software Chemstation versión E.02.00.493 y la base de datos de la NIST versión 2.0 (Ramírez, 2019).

4. Preparación de las muestras para las pruebas fitoquímicas. Se secaron las muestras de material vegetal en un horno a temperatura máxima de 40 °C por un aproximado de 10 días. Posteriormente las muestras secas se molieron a partícula fina en un molino y se guardaron en frascos de vidrio (Ramírez, 2019).

5. Extracción de metabolitos. Se extrajeron los metabolitos por sistema Soxhlet (Figura 5). Se utilizaron 33 g de material vegetal seco para la preparación de dos sobres de extracción. Se usaron 1,200 mL de los siguientes solventes en el orden mencionado: hexano, benceno, diclorometano y metanol (Ramírez, 2019).



Figura 5 Sistema de extracción Soxhlet.

Luego de cada extracción, se redujo el volumen del solvente hasta una tercera parte con rotavapor y los extractos se guardaron en frascos de vidrio oscuro en un refrigerador (Ramírez, 2019).

6. Pruebas cualitativas. Se realizaron múltiples pruebas cualitativas, las cuáles se enlistan aquí y están descritas en Metodología complementaria en Anexos.

Para las muestras secas y molidas se realizaron las siguientes pruebas: glicósidos cianogenéticos, saponinas alcaloides y sesquiterpenlactonas.

Para la extracción con hexano se efectuó una prueba para glicósidos cianogenéticos y otra para glicósidos cardiotónicos.

Para la extracción con benceno se llevaron a cabo las siguientes pruebas: esteroides, glicósidos cianogénicos, glicósidos cardiotónicos, quinonas, saponinas, flavonoides.

Para la extracción con diclorometano se hicieron las siguientes pruebas: taninos, sesquiterpenlactonas, esteroides, glicósidos cianogénicos, glicósidos cardiotónicos, quinonas, saponinas

Para la extracción con metanol se realizaron las siguientes pruebas: flavonoides, sesquiterpenlactonas, esteroides, glicósidos cardiotónicos, quinonas, taninos, saponinas, glicósidos cianogénicos.

(Ramírez, 2019).

7. Elaboración de ficha etnofarmacológica. Con los datos obtenidos durante la fase de laboratorio se realizó una ficha en donde se resume la información obtenida en el estudio. Este documento se realizó tratando que todo el público que lo consulte lo entienda, principalmente los terapeutas tradicionales del Consejo ACGERS los cuales son dueños de los resultados aquí mencionados.

VIII. Resultados

A. Elección de la planta a evaluar

El componente etnobotánico del proyecto “Salud Verde” de la Unidad de Antropología Médica de la Universidad del Valle de Guatemala logró la documentación de 102 especies vegetales utilizadas por médicos tradicionales Q’eqchi’s de Petén, Alta Verapaz e Izabal de las cuales se mencionan 253 especímenes con distintas aplicaciones terapéuticas. En el Cuadro 1 se visualizan las especies con valores calculados más relevantes. Dentro de los mecanismos de evaluación de las especies se encuentran la valoración brindada por un grupo de terapeutas tradicionales del Consejo ACGERS, respecto a la importancia y frecuencia de uso de estas en la comunidad. Dicha escala varía desde una puntuación de 9 hasta 0, siendo especies más importantes aquellas con un valor más elevado. De la misma manera, se muestra el índice etnobotánico UST o Nivel de Uso Significativo Tramil que muestra la cantidad de usos dado por una cantidad específica de informantes. Este listado fue compartido a los médicos tradicionales del Consejo ACGERS para evaluar la disponibilidad de material vegetal para hacer las pruebas pertinentes que se muestran en la parte de Metodología. Fue así como por priorización y disponibilidad se escogió a la especie *Peperomia portobellensis* Beurl. para la realización del tamizaje fitoquímico y de la planta a la cual pertenecen los siguientes resultados mostrados.

Cuadro 1 Priorización de especies vegetales por terapeutas tradicionales e índice etnobotánico UST para la elección de posible planta a estudiar.

Especie	Nombre común (español)	Nombre común (Q'eqchi')	Valor brindado por terapeutas tradicionales	UST (%)
<i>Drymonia serrulata</i> (Jacq.) Mart.	-	Baqnel'en, Kehil q'een, B'aqnel q'een, Saq'baqnel q'een, Saqiq q'een, Qamq'em, B'aknel, T'olox pim	4	60
<i>Hamelia patens</i> Jacq.	Monte colorado, Chichipin	Chaj max pim, Ch'ut q'een, K'aqipim, Kaqi pim, Ruk' atz' unun	8	50
<i>Petiveria alliacea</i> L.	-	Paara q'een, Aj paara q'een, Paara pim	3	50
<i>Hyptis verticillata</i> Jacq.	Verbena, Cola de caballo	Chuu pim, Chu'pim, Mesb'el, Kis Tzimitz, Q'aqaway	9	40

Especie	Nombre común (español)	Nombre común (Q'eqchi')	Valor brindado por terapeutas tradicionales	UST (%)
<i>Cornutia pyramidata</i> L.	Soplo de aire	Jorob'te, Rapumiyaq', K'aaj pim	7	40
<i>Anthurium pentaphyllum</i> G.Don	Cinco dedos	Ruuj 'uq m, Oob ru'uj ruqm, Mach maas aj winq	4	40
<i>Piper</i> af. <i>vergelense</i> Trel. & Standl.	Santa María	Santa María q'een, Kux q'een, Rosario q'een, Q'ixnal q'een	6	40
<i>Peperomia portobellensis</i> Beurl.	-	Saq kar q'een, Q'ambolay ejem	4	40

Con ayuda de miembros del Consejo ACGERS, se recolectó un aproximado de 1 kg de material vegetal de *P. portobellensis* Beurl. en el Barrio Ixobel, Poptún, Petén, Guatemala. Esta planta ya había sido identificada con anterioridad por miembros pertenecientes al proyecto “Salud Verde”, siendo corroborada con el Herbario UVAL, como lo demuestra el Certificado pertinente mostrado en la Figura 30 de Anexos.

La extracción de metabolitos secundarios con los solventes hexano, benceno, diclorometano y metanol permitió la generación de distintas pruebas cualitativas. Con estas pruebas se logró identificar la presencia o ausencia de familias específicas de sustancias formadas en el metabolismo primario de la especie. A partir del Cuadro 3 se describen la apariencia de los resultados obtenidos con cada prueba colorimétrica, indicando si el resultado es positivo (+) o negativo (-). Para los casos pertinentes, cada una de las pruebas fue comparada con un blanco específico, siendo el extracto puro o el tratamiento específico brindado que se muestra en la sección de Metodología complementaria en Anexos.

B. Aceites esenciales

De manera preliminar se realizó una cromatografía de gases con espectrómetro de masas (CG-EM) para la identificación de metabolitos volátiles en las hojas de la planta. En total se detectaron 46 distintas moléculas, mostradas en el Cuadro 12 de Anexos. En el Cuadro 2 se muestran los principales compuestos que presentan alguna actividad biológica de interés para el posible tratamiento de las afecciones tratadas por los terapeutas tradicionales Q'eqchi's.

Cuadro 2. Detección de moléculas volátiles en aceites esenciales por cromatografía de gases con espectrómetro de masas. El no. de pico se refiere a la Figura 7 de Anexos.

No. de pico	t _R (min)	Área (%)	Molécula más probable	Grupo	Actividad biológica determinada
1	9.653	0.63	α -Pino	Terpeno	Actividad citotóxica (Rojas et al, 2011), actividad antimicrobiana y antifúngica (Gibka et al, 2009; Pino et al, 2018), actividad antifúngica (Rojas et al, 2011; Pino et al, 2018).

No. de pico	t _R (min)	Área (%)	Molécula más probable	Grupo	Actividad biológica determinada
2	12.105	0.8	β-Pineno	Terpeno	Actividad antimicrobiana al ejercer efectos tóxicos sobre la membrana interrumpiendo el transporte de iones y la respiración (Urrea y Sequeda, 2012)
3	31.396	1.01	2-Undecanona	Cetona	Actividad antimicrobiana (Yáñez et al, 2009; Aparicio et al, 2019)
4	31.973	3.12	Cariofileno	Terpeno	Potenciador de la inhibición del crecimiento celular contra células tumorales mamarias MCF 7 (Oyedemi et al, 2009), propiedades antibacterianas, antifúngicas, anti protozoarias y antioxidantes (Vila y Cañigüeral, 2006; Rueda y Mogollón, 2012).
5	34.998	0.3	α-Terpineol	Alcohol	Actividad antimicrobiana (Aparicio et al, 2019).
15	45.97	0.29	Óxido de cariofileno	Sesquiterpeno	Citotóxico sobre MCF-7 (cáncer de mama) (Legault y Pichette, 2007), actividad analgésica, antiinflamatoria y vasodilatador (Camargo, 2019).
17	46.984	0.29	Nerolidol	Terpeno	Actividad antioxidante, antimicrobiana y antifúngica (Kuroda et al, 2007; Lee et al, 2007; Barbosa y da Câmara, 2012)
33	64.287	4.1	Ácido octadecanoico	Ácido graso	Actividad antimicrobiana (Marcano, Padilla y Rojas, 2013), actividad analgésica y antiinflamatoria en ratones (Singh, Singh y Malik, 2014), actividad tripanocida y citotóxica (Moreno et al, 2018)

C. Taninos

Para la identificación de taninos en los extractos de diclorometano y metanol se realizaron tres distintas pruebas. Las pruebas de gelatina y de gelatina con sal, en donde un resultado positivo se visualiza con la formación de precipitado. En la prueba de cloruro férrico (FeCl₃) se observa un cambio de coloración a verde, azul oscuro o café según el tipo de tanino identificado, el cual puede ser derivado del ácido gálico, del pirocatecol o del pirogalol, respectivamente. Sin embargo, si el resultado para las pruebas de gelatina y gelatina con sal ha sido negativo, los cambios de coloración se atribuyen a otros constituyentes fenólicos del vegetal, implicando la ausencia de taninos. El Cuadro 3 resume los resultados obtenidos para las pruebas ejecutadas, en donde se observa que *P. portobellensis* Beurl. carece de la presencia de taninos pero si posee diversos constituyentes fenólicos que generaron cambios de color en la Prueba de FeCl₃.

Cuadro 3 Descripción de los resultados de pruebas cualitativas para taninos realizadas en los extractos de diclorometano y metanol

Solvente	Blanco	Prueba de gelatina	Prueba de gelatina con sal	Prueba de FeCl ₃
Diclorometano (Figura 8)	Solución incolora y translúcida.	Solución incolora y translúcida sin la formación de precipitado (-).	Solución incolora y translúcida sin la formación de precipitado (-).	Solución amarilla-grisácea translúcida (-)
Metanol (Figura 9)	Solución naranja translúcida	Solución naranja translúcida sin la formación de precipitado (-).	Solución naranja translúcida sin la formación de precipitado (-).	Solución café no translúcida (-).

D. Esteroles

Los esteroides pueden ser determinados con las pruebas mostradas en el Cuadro 4. Cualquier tipo de esteroide presenta una coloración azul, verde, violeta o roja con fluorescencia bajo la luz ultravioleta (UV) al someterse a las pruebas de Liebermann-Burchard y Liebermann-Burchard para saponinas esteroidales. Para la prueba de Salkowski el resultado positivo se presenta como un anillo amarillo o rojo. Estos tipos de metabolitos fueron detectados con todas las pruebas y extractos, exceptuando la prueba de Salkowski con el extracto de benceno.

Cuadro 4 Descripción de los resultados de pruebas cualitativas para esteroides realizadas en los extractos de benceno, diclorometano y metanol (bajo luz UV).

Solvente	Blanco	Liebermann-Burchard (L-B)	Liebermann-Burchard para Saponinas esteroidales	Prueba de Salkowski
Benceno (Figura 10)	Solución naranja - amarillenta	Solución azulada (+)	Solución azulada (+)	Solución azulada sin la presencia de un anillo rojizo (-)
Diclorometano (Figura 11)	Solución naranja - amarillenta	Solución verde - azulada (+)	Solución azulada (+)	Solución verdosa con anillo rojizo (+)
Metanol (Figura 12)	Solución rojiza	Solución rojiza con fase inferior azulada (+)	Solución rojiza con fase inferior azulada (+)	Solución verdosa con anillo rojizo (+)

E. Glicósidos cianogénicos

La prueba de Guignard para la detección de glicósidos cianogénicos consistió en un tubo de ensayo con rosca, en la cual se colocó un papel de picrato y cada uno de los solventes a evaluar. Los resultados obtenidos se describen en el Cuadro 5, esperándose como resultado positivo el cambio de coloración del papel de picrato a rojo o naranja. Esta familia de metabolitos no fue detectada en ninguno de las muestras evaluadas.

Cuadro 5 Prueba de Guignard para confirma la presencia de glicósidos cianogénicos

Resultado	Extracto de hexano	Extracto de benceno	Extracto de diclorometano	Extracto de metanol	Planta seca
Después del calentamiento de 2 h a 40 °C (Figura 13)	Papel de picrato sin cambios de coloración (-)	Papel de picrato sin cambios de coloración (-)	Papel de picrato sin cambios de coloración (-)	Papel de picrato sin cambios de coloración (-)	Papel de picrato sin cambios de coloración (-)
Después de 24 h de exposición (Figura 14)	Papel de picrato sin cambios de coloración (-)	Papel de picrato sin cambios de coloración (-)	Papel de picrato sin cambios de coloración (-)	Papel de picrato sin cambios de coloración (-)	Papel de picrato sin cambios de coloración (-)

F. Sesquiterpenlactonas

Las pruebas para sesquiterpenlactonas pueden generar falsos positivos al existir en la muestra otros metabolitos con anillo lactónico, parte importante del esqueleto de dichas sustancias química. Entre algunos de los metabolitos que pueden ser detectados erróneamente con estas pruebas se encuentran a los glucósidos cardiotónicos, por lo que se considera que las pruebas para estas familias son complementarias para generar resultados más certeros. En el Cuadro 6 se presentan los resultados de las pruebas específicas para sesquiterpenlactonas. Un resultado positivo en la prueba de Legal se presenta como coloraciones rojizas, azules, rosas o violetas y en la prueba de Baljet como un color naranja o rojo en presencia de lactonas. Se determinó que *P. portobellensis* Beurl. si presenta estos metabolitos respecto a las pruebas preliminares realizadas.

Cuadro 6 Descripción de los resultados de pruebas cualitativas para sesquiterpenlactonas realizadas en los extractos de diclorometano y metanol.

Solvente	Blanco	Prueba de Legal	Prueba de Baljet
Diclorometano (Figura 15)	Solvente verde oscuro no traslúcido	Solución amarilla - rojiza bajo una fuente de luz (+)	Solución anaranjada (+)
Metanol (Figura 16)	Solvente verde oscuro no traslúcido	Solución marrón-rojiza bajo una fuente de luz (+)	Solución anaranjada (+)

Para corroborar los resultados obtenidos en el Cuadro 6, se realizó una cromatografía en capa fina (TLC). En el Cuadro 7 se presentan los coeficientes de retención (Rf) de los compuestos separados y detectados bajo luz visible (Vis) y luz ultravioleta (UV). Además, se compararon los colores que presenta cada sesquiterpenlactona según lo documentado por Droždž y Bloszyk (1978). Estas coloraciones se presentan luego de ser asperjadas con una solución reveladora de resorcinol al 2 % en metanol con ácido sulfúrico al 2 %, mezclados en volúmenes iguales (1:1). Un resultado positivo es detectado como manchas amarillas, verdes, marrones, rojas o azules luego de ser asperjadas. Con las coloraciones obtenidas en las pruebas se determinó que la planta evaluada si cuenta con los componentes buscados.

Cuadro 7 Cromatografía en capa fina (TLC) de la planta seca para la identificación de sesquiterpenlactonas (Figura 17).

Fase móvil	Rf	Color bajo luz visible (Vis)	Color bajo luz ultravioleta (UV)
Extracto en fase móvil Benceno-metanol (9:1)			Blanco fosforescente
			Naranja fosforescente
	0.423	Grisáceo	Amarillo fosforescente
	0.465	Verde olivo poco perceptible (+)	Celeste fosforescente
	0.521	Amarillo (+)	Rosado fosforescente
	0.662	Cobrizo (+)	Rosado fosforescente
	0.704	Grisáceo	Naranja fosforescente
	0.732	Verde (+)	Naranja fosforescente
	0.803	Verde (+)	Naranja fosforescente
	0.831	Verde (+)	Naranja fosforescente
Extracto en fase móvil Cloroformo-metanol (99:1)	0.726	Grisáceo	Naranja fosforescente
	0.829	Amarillo (+)	Rosado fosforescente
	0.926	Verde olivo claro (+)	Naranja fosforescente
	0.986	Verde olivo oscuro (+)	Naranja fosforescente
			Naranja fosforescente

G. Quinonas

En el Cuadro 8 se presentan los resultados de las tres pruebas cualitativas utilizadas para la detección de quinonas. En el caso de presentarse dichos compuestos, la prueba de Bornträger muestra un anillo o fase rosada o roja. La prueba de solubilidad de hidróxido de sodio (NaOH) puede presentar soluciones coloreadas que van del amarillo, pasando por

el rojo o violeta. Por último, la prueba de acetato de magnesio muestra colores violetas, naranjas, rosados o amarillos, mientras que bajo la luz UV se pueden presentar varios colores como resultado positivo. Únicamente los extractos de benceno y metanol mostraron al menos un resultado positivo para las pruebas de solubilidad en NaOH y de acetato de magnesio, mientras que ninguno de los extractos presentó resultados positivos en la prueba de Bornträger.

Cuadro 8 Descripción de los resultados de pruebas cualitativas para quinonas realizadas en los extractos de benceno, diclorometano y metanol.

Solvente	Bornträger (Figura 18)	Solubilidad en NaOH (Figura 19))	Aspersión con acetato de magnesio (luz Vis) (Figura 20)	Aspersión con acetato de magnesio (luz UV) (Figura 20)
Benceno	Solución separada en dos fases incoloras y traslúcidas (-).	Solución café oscura sin precipitado (-)	No hubo cambios aparentes antes y después de ser asperjados con la solución de acetato de magnesio (-)	Coloración violeta (+)
Diclorometano	Solución separada en dos fases incoloras y traslúcidas (-).	Solución café oscura sin precipitado (-)	No hubo cambios aparentes antes y después de ser asperjados con la solución de acetato de magnesio (-)	Coloración verde (-)
Metanol	Solución separada en dos fases con una de ellas coloreada de amarillo (-)	Solución café – verdosa con precipitado amarillento (+)	No hubo cambios aparentes antes y después de ser asperjados con la solución de acetato de magnesio (-)	Color verde amarillento fluorescente (-)

H. Saponinas

En el Cuadro 9 se muestran los resultados de las pruebas de saponinas para el material vegetal evaluado. Estos compuestos son fácilmente detectados con la prueba de espuma, ya que alteran la tensión superficial del agua luego de ser agitadas. Además, esta prueba se puede complementar con la prueba de Liebermann-Burchard para saponinas esteroidales (Resultados mostrados en el inciso B de esta sección) y la prueba de Salkowski. Esta última

se toma como resultado positivo para saponinas triterpénicas cuando se presenta una coloración rojiza o para saponinas esteroidales con una coloración azul-verdosa. Según las pruebas realizadas la planta evaluada contaría con estos tipos de compuestos químicos, específicamente con saponinas esteroidales. Sin embargo, la prueba de espuma arrojó resultados negativos al presentar una columna de espuma menor a los 5 mm, por lo que no se puede establecer con certeza la presencia de estos metabolitos.

Cuadro 9 Descripción de los resultados de pruebas cualitativas para saponinas realizadas en los extractos de benceno, diclorometano y metanol.

Solvente	Prueba de espuma (Figura 21)	Prueba de Liebermann-Burchard para saponinas esteroidales (Figura 10, 11 y 12)	Prueba de Salkowski (Figura 22)
Planta seca	Presencia de espuma con una altura aproximada de 1 mm (-)	-	-
Benceno	-	Solución azulada (+)	Solución verdosa con coloración azulada pegada a las paredes (+)
Diclorometano	-	Solución azulada (+)	Solución verdosa con anillo azulado (+)
Metanol	-	Solución rojiza con fase inferior verde fluorescente (+)	Solución verdosa sin cambios de coloración (-)

I. Glicósidos cardiotónicos

En el Cuadro 10 se observan los resultados de las pruebas cualitativas para la detección de los glicósidos cardiotónicos. Se realizaron las pruebas de Kedde y de Raymond, las cuales tienen como resultado positivo la presencia de coloraciones violetas o azul ante la presencia de anillos lactónicos insaturados. Además, para el extracto metanólico se realizó la prueba de Baljet que da una coloración roja o naranja ante el mismo grupo funcional. Todos los extractos mostraron resultados positivos para la Prueba de Kedde, pero no para la de Raymond y Baljet.

Cuadro 10 Descripción de los resultados de pruebas cualitativas para glicósidos cardiotónicos realizadas en los extractos de hexano, benceno, diclorometano y metanol.

Solvente	Prueba de Kedde (Figura 23)	Prueba de Raymond (Figura 24)	Prueba de Baljet (Figura 25)
Hexano	Presencia de cambio de coloración de verde a violeta con todas las cantidades evaluadas (+)	Coloración verde sin cambios de color en ninguna fase (-)	-
Benceno	Presencia de cambio de coloración de verde a violeta con todas las cantidades evaluadas (+)	Coloración verde sin cambios de color en ninguna fase (-)	-
Diclorometano	Presencia de cambio de coloración de verde a violeta con todas las cantidades evaluadas (+)	Coloración verde sin cambios de color en ninguna fase (-)	-
Metanol	Presencia de cambio de coloración de verde a violeta con todas las cantidades evaluadas (+)	Coloración verde sin cambios de color en ninguna fase (-)	Solución verdosa con precipitado blanquecino (-)

J. Flavonoides

La familia de los flavonoides fue identificada mediante tres distintas pruebas cualitativas mostradas en el Cuadro 11. Debido a que son una familia compuesta por diferentes grupos de metabolitos, cada uno de estos pueden ser identificados con una prueba específica. Para las pruebas de Cianidina y de Shinoda un resultado positivo se observa con cambios de color a rojo, naranja, violeta, verde o azul. Mientras que la prueba de ácido sulfúrico sin calor se presenta con un cambio de color a amarillo fuerte o a tonalidades de naranja a rojo. Se determinaron resultados positivos para todas las pruebas con el extracto metanólico, mientras para el extracto de benceno solo se reportó un cambio positivo con la prueba de ácido sulfúrico.

Cuadro 11 Descripción de los resultados de pruebas cualitativas para flavonoides realizadas en los extractos de hexano, benceno y metanol.

Solvente	Blanco	Prueba de Cianidina	Prueba de Shinoda	Prueba de ácido sulfúrico
Benceno (Figura 26)	Solución incolora y translúcida	Solución incolora con turbidez (-) Solución naranja con distintas tonalidades	Solución incolora y translúcida (-)	Solución amarillenta (+)
Metanol (Figura 27)	Solución amarillenta translúcida	dispuestas en fases y presencia de turbidez (+)	Solución naranja (+)	Solución amarillo vibrante (+)

K. Alcaloides

Por último, se realizaron tres distintas pruebas cualitativas para la detección de alcaloides en el extracto etanólico de la planta seca. Un resultado positivo para la prueba de Mayer se produce al observar una solución lechoso o precipitado blanco. En la prueba de Wagner esto se da cuando se producen flóculos de color café y para la prueba de Dragendorff se producen una solución naranja marrón y la presencia de precipitado. En el Cuadro 12 se muestran los resultados obtenidos para la planta evaluada. Se pudieron detectar resultados positivos para la prueba de Dragendorff tanto para alcaloides primarios, secundarios y terciarios como para los cuaternarios.


Cuadro 12 Descripción de los resultados obtenidos para las pruebas cualitativas de alcaloides realizados con la planta seca.

Tipo de alcaloides detectados	Blanco	Prueba de Mayer	Prueba de Wagner	Prueba de Dragendorff
Primarios, secundarios y terciarios (Figura 28)	Solución cobriza translúcida	Solución cobriza translúcida con un tono de coloración menor al blanco (-)	Solución naranja sin la presencia de flóculos (-)	Solución naranja vibrante con la presencia de precipitado café (+)
Cuaternarios (Figura 29)	Solución incolora translúcida	Solución translúcida con tonalidad amarillenta (-)	Solución naranja sin la presencia de flóculos (-)	Solución naranja vibrante con la presencia de precipitado café (+)

L. Ficha de información etnofarmacológica integral

Con toda la información recabada durante la fase experimental se generó una ficha etnofarmacológica en donde se resumen los resultados encontrados. Además, se complementó con información de relevancia obtenida durante el proyecto “Salud Verde” para un mayor contexto sobre su uso terapéutico.

FICHA FARMACOLÓGICA
CARACTERIZACIÓN FITOQUÍMICA (Tesis de Grado)
Belém González Onofre




Peperomia portobellensis Beurl.

Piperaceae

K'amb'ol'ay q'een, Saq Kar q'een, Saq kar q'een.

Hierba saxícola



J. E. Jiménez.

Enfermedades que trata:

- Mordidas de serpiente cuando dejan ponzoña, afecciones de las piel, como antiinflamatorio, contra la leishmaniasis.

Consejo ACGERS, 2019.

Compuestos principales del aceite esencial:

Compuesto	Grupo	Actividad biológica
α-Pineno	Terpeno	Citotóxica, antifúngico, antimicrobiano
β-Pineno	Terpeno	Antimicrobiana
2-Undecanona	Cetona	Antimicrobiana
Cariofileno	Terpeno	Citotóxica, antifúngico, antiprotozoaria, antioxidante antimicrobiano
α-Terpineol	Alcohol	Antimicrobiana
Óxido de cariofileno	Sesquiterpeno	Citotóxica, analgésico y antiinflamatorio, antimicrobiano
Nerolidol	Terpeno	Antifúngico, antioxidante, antimicrobiano
Ácido octadecanoico	Ácido graso	Citotóxica, antiprotozoario, analgésico y antiinflamatorio, antimicrobiano

Caracterización fitoquímica de hojas:

Familia de metabolito	Presencia	Actividad biológica
Taninos	-	-
Esteroles	+	Antiinflamatoria
Glicósidos cianogénéticos	-	-
Sesquiterpenlactonas	+	Antiinflamatoria, antimicrobiana, antifúngica
Quinonas	+	Antimicrobiana, antifúngica
Saponinas	+	Antileishmanial
Glucósidos cardiotónicos	-	-
Flavonoides	+	Antiinflamatoria, antimicrobiana, antifúngica
Alcaloides	+	Antiinflamatoria, antimicrobiana, antifúngica

Referencias:
Consejo ACGERS. (2019). Proyecto Salud Verde: mejorando la participación indígena en mecanismos de ABS del CBD. Universidad del Valle de Guatemala y Universidad de Londres UCL.
Jiménez, J. (2022). *Peperomia portobellensis*. Ecos del Bosque. <https://ecosdelbosque.com/plantas/peperomia-portobellensis>

Planta nativa, distribuida desde México hasta Ecuador.

Figura 6 Ficha etnofarmacológica de *Peperomia portobellensis* Beurl.

IX. Discusión de resultados

A. Elección de la planta a evaluar

Mediante la priorización de plantas medicinales por parte de los terapeutas tradicionales y el índice UST se obtuvo un listado de ocho plantas. Estas pueden considerarse como las más importantes para el tratamiento de las afecciones de la comunidad en estudio, mediante la utilización de la medicina tradicional de la cultura Q'eqchi'. El valor y conocimiento en la medicina tradicional de esta cultura radica en la versatilidad que tienen las especies para el tratamiento de múltiples enfermedades que afectan a distintos órganos o sistemas del cuerpo y también son utilizadas para la sanación espiritual. A todas las plantas se les realizó una corta revisión de literatura para conocer si el trabajo de investigación propuesto ya se había realizado con anterioridad. Se percató que de las plantas evaluadas, algunas carecían por completo de estudios de esta índole o alguna otra no relacionada a lo aquí presentado, por lo cual se priorizaron para confirmar la presencia del material vegetal en el vivero "Popol Jay" del Consejo ACGERS o en áreas aledañas a la comunidad. Debido a estas características mencionadas: priorización con base al uso que se le da a la comunidad, ausencia de estudios en la materia y disponibilidad de material vegetal para evaluar, se seleccionó a *Peperomia portobellensis* Beurl. para realizar el tamizaje fitoquímico. La discusión de resultados que se desarrollará a continuación se referirá únicamente a los componentes encontrados en las hojas de esta especie.

B. Caracterización de aceite esencial

Con la cromatografía de gases realizada con espectrofotómetro de masas (CG-EM) se identificaron los componentes del aceite esencial extraído de las hojas de *P. portobellensis* Beurl. Se determinaron un total de 46 elementos pertenecientes a los grupos de las cetonas, ácidos grasos, hidrocarburos, alcoholes, aldehídos, ésteres, aromáticos policíclicos o terpenos. De estos compuestos detectados se realizó una revisión bibliográfica en donde se determinó que ocho de ellos presentan actividades biológicas posiblemente útiles para el tratamiento de afecciones de distinta índole. Algunos de estos elementos presentan actividad citotóxica, tal es el caso del α -pineno, cariofileno, óxido de cariofileno y el ácido octadecanoico (Legault y Pichette, 2007; Oyedemi et al, 2009; Rojas et al, 2011; Moreno et al, 2018). El α -pineno, cariofileno y nerolidol presentan actividad antifúngica (Vila y Cañigüeral, 2006; Rojas et al, 2011; Barbosa y da Câmara, 2012; Rueda y Mogollón, 2012; Pino et al, 2018). El cariofileno y el ácido octadecanoico también presentan actividades anti protozoarias (Vila y Cañigüeral, 2006; Rueda y Mogollón, 2012; Moreno et al, 2018). Se han reportado actividad antioxidante para el cariofileno y el nerolidol (Kuroda et al, 2007; Rueda y Mogollón, 2012). Igualmente el óxido de cariofileno y el ácido octadecanoico presentan actividad analgésica y antiinflamatoria (Singh, Singh y Malik, 2014; Camargo, 2019). Por último, los ocho compuestos detectados han presentado actividad antimicrobiana moderada o alta frente diversas especies bacterianas. Dentro del

uso brindado por los terapeutas tradicionales Q'eqchi' se realiza la importancia que tiene la capacidad antimicrobiana, antifúngica, anti-protozoaria, analgésica y antiinflamatoria de los compuestos detectados, por lo cual estos podrían ser los responsables de los beneficios fitoterapéuticos utilizados por la comunidad

C. Identificación de las familias

Como segundo paso de la experimentación, se realizaron varios análisis colorimétricos cualitativos para la detección de familias de metabolitos concretos. Estudios previos han determinado la presencia de familias de compuestos químicos en especies del género *Peperomia* y de la familia Piperaceae. Entre estos tenemos: Lozano, Solís y Bonilla (1998), quienes determinaron la presencia de alcaloides, flavonoides, saponinas, taninos, esteroides, grupos indólicos y compuestos fenólicos en *Peperomia flavamenta* Trel. Las especies *Peperomia cuchumatana* Véliz y *Peperomia moralesii* Véliz contienen flavonoides, cumarinas, antraquinonas, aceites esenciales y principios amargos distintos a sesquiterpenlactonas y carecen de taninos, esteroides, triterpenos, saponinas, alcaloides, compuestos cardenólicos y bufadienólicos (Ovando, 2007). Huansha y Villón (2018) detectaron compuesto flavonólicos, alcaloides y cumarinas en las hojas de *Peperomia congona* Sodiro mediante técnicas cromatográficas y espectrofotométricas con capacidad cicatrizante en heridas abiertas de ratas albinas. Por otra parte, *Peperomia peltigera* C. DC. presentó alcaloides, azúcares, triterpenos, esteroides, saponinas, flavonoides, compuestos amargos y compuestos fenólicos (Yancha, 2018). A continuación se discutirá sobre los resultados obtenidos para *P. portobellensis* Beurl., realizando una separación por familia de metabolitos evaluada:

1. Taninos

Dentro de las actividades farmacológicas de los taninos se destacan sus propiedades astringentes. Se utilizan como antidiarreicos, favoreciendo esta actividad por el efecto antiséptico que poseen. También se les atribuyen propiedades vasoconstrictoras empleándose en el tratamiento de afecciones vasculares como varices, hemorroides o heridas pequeñas. Pueden emplearse en dermatosis o como tónicos astringentes en cosmética. Además, son conocidos por sus propiedades antioxidantes (Carretero, 2000). Las hojas de *P. portobellensis* Beurl. carecen de taninos en cantidades detectables por las pruebas cualitativas aplicadas. Esto se debe a que tanto la prueba de gelatina como la de gelatina con sal no generaron precipitados. Sin embargo, la prueba de cloruro férrico si generó un cambio de coloración por lo que esto se atribuye a la presencia de otros constituyentes fenólicos como fenilpropanoides, cumarinas, benzofuranos, lignanos, quinonas o flavonoides (Castillo y Martínez, 2007). En estudios anteriores se han determinado especies del género *Peperomia* que presentan estos compuestos, siendo algunas de ellas *P. flavamente* (Lozano, Solís y Bonilla, 1998) y *P. inaequalifolia* (Matta y Díaz, 2013). Sin embargo, un estudio realizado en Guatemala con dos especies de *Peperomias* endémicas comprobó la ausencia de estos tipos de compuestos (Ovando, 2007). Este mismo resultado se encontró para *P. pellucida* (Mendes et al, 2010).

2. Esteroles

Entre las actividades biológicas que presentan los esteroles se encuentra la antiinflamatoria, cardiovascular, antioxidante, antitumoral y anticancerígena (Islas et al, 2017). Se evidenció la presencia de esteroles con las tres distintas pruebas realizadas en los extractos de benceno, diclorometano y metanol. El extracto de benceno con la prueba de Salkowski fue la excepción ante los resultados positivos. La disonancia encontrada entre

las diferentes pruebas se debe al mecanismo de reacción propio de cada una. En el mecanismo de la prueba de Salkowski primero ocurre una eliminación seguida de una condensación, por otro lado, en la prueba de Liebermann-Burchard ocurre una acetilación seguida de una deacetilación. La diferencia clave entre ambos mecanismos es la presencia de una condensación en la prueba de Salkowski, puesto que la condensación entre dos esteroides no se ve beneficiada al existir otra molécula en el medio que lo impida. Este fenómeno no se genera con las deacetilaciones, puesto que no depende de otras moléculas del medio (Ramírez, 2019). Debido a esto la prueba de Salkowski puede generar falsos negativos dependiendo del tipo de esteroide presente en los extractos evaluados.

Los esteroides son principalmente moléculas apolares por lo que su presencia en extractos polares como el metanol puede deberse a la presencia de esteroides saponificados. En general, los esteroides son comunes en las familias botánicas y pueden encontrarse en todos los órganos vegetales puesto que son precursores de otras moléculas (Villareal, 2015). Anteriormente se ha detectado la presencia de compuestos esteroidales en especies como *P. flavamenta* (Lozano, Solís, Bonialla, 1998) y *P. pellucida* (Mendes et al, 2010). Caso contrario, *P. cuchumatana* y *P. moralesii* carecen de estos compuestos (Ovando, 2007).

3. Glicósidos cianogénicos

En dosis pequeñas y controladas estos compuestos actúan a nivel sedante y relajante sobre el corazón y músculos (Rodríguez et al, 2011). Los glicósidos cianogénicos son moléculas que se hidrolizan de manera rápida en glicósido y ácido cianhídrico, por lo cual no son fácilmente detectables (Ramírez, 2019). La prueba de Guignard aplicada mostró resultados negativos para todos los extractos y la planta seca. El resultado negativo obtenido en la planta seca funciona como un control puesto que, los diferentes extractos fueron obtenidos de este material y si existiera la presencia de estos compuestos en algún extracto también debería de ser visualizado en la prueba con el material vegetal (Ramírez, 2019). No se han reportado estudios que evalúen la presencia de estos compuestos en el género *Peperomia*.

4. Sesquiterpenlactonas

Las sesquiterpenlactonas presentan distintas actividades biológicas entre las que se destacan: actividad citotóxica, antioxidante, antiviral, antimicrobiana, antifúngica, antiinflamatoria, analgésica, etc. Las mayores concentraciones de estos compuestos generalmente se encuentran en hojas o flores, aunque también pueden distribuirse en toda la planta (Hernández et al, 2017). Se determinó la presencia de sesquiterpenlactonas para ambos extractos evaluados con la prueba de Legal y Baljet. Además, se realizó una cromatografía en capa fina (TLC) en donde fueron reveladas con una solución específica descrita por Drożdż y Bloszyk (1978). Con estas se pudo determinar la presencia de sesquiterpenlactonas al obtener coloraciones amarillas y verdes. Al igual que los glicósidos cianogénicos, no se han reportado estudios que evalúen la presencia de estos compuestos en el género *Peperomia*.

5. Quinonas

Este grupo es de amplia actividad biológica, utilizándose como agentes antimaláricos, antimicrobianos, antitumorales, fungicidas, anticancerígenos, entre otros (Leyva et al, 2017). Se obtuvieron resultados positivos para la prueba de solubilidad en hidróxido de sodio únicamente para el extracto metanólico, debido a la polaridad de las moléculas, por lo que este podría contener específicamente antraquinonas o naftoquinonas. La prueba de acetato de magnesio determina la presencia de quinonas hidroxiladas (Thomson, 1971).

Para esta prueba se obtuvieron resultados positivos para los extractos de benceno y metanol, aunque se esperaban que esto ocurriera únicamente con el último mencionado por la polaridad de las moléculas a detectar. Debido a esto, la polaridad de las quinonas encontradas oscila en un rango mayor al pensado. Estos compuestos ya han sido reportados en especies como *P. gallioides* (De Feo et al, 2008), *P. pelludica* (Mazroatul et al, 2016), *P. cuchumatana* y *P. moralesii* (Ovando, 2007). Sin embargo, por la disparidad en los resultados obtenidos se recomienda realizar más pruebas para asegurar la presencia de dichos compuestos.

6. Saponinas

Las saponinas presentan acción diurética, antiinflamatoria, actividad antifúngica, actividad hemolítica, antitumoral, adyuvante, analgésica e inmunoestimulantes (Naj et al, 2000; Teixeira, 2012; Aycachi, 2019). Por medio de dos de las tres pruebas realizadas se determinó la presencia de saponinas en los distintos extractos evaluados. Con la prueba de Liebermann-Burchard se estableció la presencia de un posible glicósido esteroideal, lo cual fue sustentado con la prueba de Salkowski en donde la solución cambió a una coloración azul verdosa para los extractos de benceno y diclorometano. Por otra parte, la prueba de espuma generó una cantidad significativa de espuma la cual no fue tan estable durante el tiempo de espera por lo que la capa observada fue de un espesor pequeño. Para determinar un resultado como positivo para esta prueba la capa de espuma tiene que ser mayor a los 5 mm, por lo que no se puede establecer con certeza la presencia de saponinas en la planta. En dado caso se quisieran soportar los datos obtenidos con más pruebas se sugiere realizar una cromatografía de capa fina (TLC) para la determinación de Rf que permitan la determinación de saponinas específicas en *P. portobellensis* Beurl. Anteriormente también se ha determinado la presencia de saponina en otras especies del género *Peperomia*, como en *P. flavamenta* (Lozano, Solís y Bonilla, 1998), *P. pellucida* (Silva et al, 2013) y *P. peltigera* (Yancha, 2018); mientras que especies como *P. cuchumatana* y *P. moralesii* carecen de esta familia de metabolitos (Ovando, 2007).

7. Glicósidos cardiotónicos

Actúan a nivel diurético sobre el corazón cuando está débil, potenciando su fortaleza y pulsaciones. Ayudan a la transferencia de líquidos de los tejidos y el sistema circulatorio al tracto urinario, reduciendo la presión arterial (Rodríguez et al, 2011). Los resultados obtenidos muestran un resultado positivo para todos los extractos únicamente para la prueba de Kedde. Para esta prueba, se recomienda asperjar con una menor cantidad de solución reveladora para observar los resultados de una manera más clara. Para respaldar estos resultados se recomiendan realizar pruebas complementarias puesto que los resultados para la prueba de Baljet y Legal dieron resultados negativos. Se ha comprobado que la prueba de Kedde genera resultados positivos ante la presencia de otros compuestos lactónicos por lo cual esto puede considerarse como un falso positivo. Anteriormente se discute la presencia de sesquiterpenlactonas en la planta. Los resultados mostrados también podrían deberse a otros compuestos que no fueron estudiados aquí, como las cumarinas (Rivera y Rivera, 2005).

8. Flavonoides

Algunos flavonoides presentan actividad protectora hepática, antiinflamatoria, antialérgica, antibacteriana y antifúngica. Otros muestran efectos inhibidores de enzimas de interés farmacológico o actividad antioxidante (Cartaya y Reynaldo, 2001). Se obtuvieron resultados positivos para todas las pruebas con el extracto metanólico, mientras

que para el benceno únicamente se obtuvo para la prueba de ácido sulfúrico puesto que la mayoría de los compuestos de esta familia son polares. Debido a la coloración naranja generada en la prueba de cianidina se puede determinar que los tipos de flavonoides encontrados son flavonas, flavononas, flavonoles, flavononoles o xantonas. Con las coloraciones encontradas en la prueba de ácido sulfúrico para ambos extractos se reducen los posibles tipos de compuestos encontrados, ya que la coloración amarillenta visualizada indica la presencia de flavononas. Como se discute en la sección de taninos, la prueba de cloruro férrico es complementaria a estas pruebas. Un cambio de color indica la presencia de derivados del pirogalol, pirocatecol y ácido gálico. Los flavonoides encontrados son derivados de estos compuestos y complementando se descarta que este cambio visualizado fuera por la presencia de taninos, puesto que no se produjo una precipitación en las demás pruebas complementarias. Los flavonoides son la familia de compuestos que más ha sido reportado de manera consistente en los estudios exploratorios del género *Peperomia* pudiéndose encontrar en las especies: *P. flavamenta* (Lozano, Solís y Bonilla, 1998), *P. scutellaefolia* (Guillermo, 2002), *P. cuchumatana*, *P. moralesii* (Ovando, 2007) y *P. pellucida* (Barbosa, 2011).

9. Alcaloides

Los alcaloides son uno de los compuestos químicos que presentan diversos tipos de actividad biológica. Entre algunas de estas están: el aumento de la actividad en la corteza prefrontal, tálamo y sistema visual, actividad antipsicótica y antihipertensiva, acción antidiurética leve, actividad antiinflamatoria, demulcente, bloqueante ganglionar, antiplasmódica, insecticida, hepatoprotectora, antibacteriana, antifúngica y descongestionante (Bullaín, Torres y Hermosilla, 2014; Debnath et al, 2018). Para el estudio realizado únicamente se obtuvieron resultados positivos para la prueba de Dragendorff al generarse un precipitado sutil y oscuro. Esto se observó tanto para estructuras primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias. Sin embargo, se obtuvieron resultados negativos con las pruebas de Mayer y Wagner por lo cual se recomienda corroborar los resultados obtenidos con otras pruebas complementarias como una cromatografía de capa fina para la mejor detección de las moléculas. Esto es preferible ya que se ha determinado que el reactivo de Dragendorff puede generar falsos positivos al reaccionar con otros compuestos nitrogenados. Entre algunos de los otros compuestos que pueden generar dichos resultados son la ptomaína, ciertos glucósidos, carbohidratos, aminoácidos, compuestos de amonio cuaternario como la betaína, colina, purinas, aminas metiladas, taninos, aceites volátiles, algunos flavonoides, esteroides, triterpenos, hidroxiflavonas, lignanos, sales de amonio; y esto sucederá si se encuentran en concentraciones muy elevadas (German, 2019). Estudios anteriores han demostrado la presencia de alcaloides en *P. galioides*, *P. nivalis* y poca cantidad en *P. flavamenta* (Lozano, 1997; Lozano, Solís y Bonilla, 1998).

En resumen, las hojas de *P. portobellensis* Beurl. presentan como algunos compuestos generados en el metabolismo primario esteroides, sesquiterpenlactonas, quinonas del tipo antroquinonas o naftoquinonas, flavonoides del tipo flavononas y alcaloides de tipo primario, secundario o terciario y cuaternario. Además, se determinó que en este órgano vegetativo no se contienen taninos, glicósidos cianogenéticos, saponinas y glicósidos cardiotónicos. Sin embargo, se recomienda efectuar más pruebas para verificar la presencia de ciertas familias de metabolitos ya que en las pruebas efectuadas se pudieron haber generado falsos positivos o falsos negativos por el mecanismo de reacción de ciertas

pruebas o la presencia de otras moléculas con esqueletos parecidos. Específicamente, se necesita ampliar la cantidad de pruebas efectuadas en quinonas, glicósidos cardiotónicos, saponinas y alcaloides.

D. Metabolitos secundarios encontrados y usos terapéuticos atribuidos

Según datos colectados en el proyecto “Salud verde”, *P. portobellensis* Beurl. también conocida por sus nombres Q’eqchi’s como K’amb’ol’ay q’een y Saq kar q’een es utilizada para tratar mordeduras de serpientes, afecciones cutáneas, leishmaniasis y como desinflamatorio. Por algunos médicos tradicionales esta planta se utiliza en un tratamiento conjunto con la especie *Drymonia serrulata* (Jacq.) Mart. (Consejo ACGERS, 2019).

Según la información comprobada en esta evaluación exploratoria, se determinó la presencia de varias familias de metabolitos secundarios que sustentan la utilización de las hojas de la especie para el tratamiento de algunas de las afecciones anteriormente mencionados. Específicamente se respalda su uso en la terapia de diversas afecciones cutáneas, la leishmaniasis y como desinflamatorio. Esto debido a que la planta presenta en su composición moléculas de carácter antiinflamatorio como esteroides, sesquiterpenlactonas, flavonoides y alcaloides (Cartaya y Reynaldo, 2001; Teixeira, 2012; Hernández et al, 2017; Islas et al, 2017; Debnath et al, 2018; Aycachi, 2019). Además, compuestos como las sesquiterpenlactonas, quinonas, flavonoides y alcaloides se ha demostrado que poseen actividad antimicrobiana y antifúngica (Cartaya y Reynaldo, 2001; Bullaín, Torres y Hermosilla, 2014; Hernández et al, 2017; Leyva et al, 2017). Por último, algunas saponinas han sido estudiadas para el tratamiento de la leishmaniasis, obteniéndose resultados satisfactorios (Germonprez et al., 2005; Dutta et al., 2007; Maes et al., 2004). Sin embargo, de estas últimas se necesita la ampliación de pruebas ejecutadas puesto que los resultados aquí encontrados no son concluyentes.

No se puede decir mucho sobre su actividad antiofídica puesto que de los metabolitos secundarios encontrados únicamente los esteroides presentan efectos cardiovasculares (Islas et al, 2017). Otros de los compuestos que pueden generar un efecto potenciados de la fortaleza y pulsaciones del corazón además de reducir la presión arterial son los glucósidos cianogenéticos (Rodríguez et al, 2011). Sin embargo, como se menciona anteriormente se recomienda realizar más pruebas complementarias para este grupo, puesto que los resultados obtenidos pueden ser falsos positivos. Además, la información brindada por el Consejo ACGERS sobre este tipo de utilización es un poco ambigua y se desconoce si se utiliza como un antiofídico o como un antiséptico para la zona. También se recomienda la exploración de otras familias de metabolitos secundarios que presentan efectos relacionados. Un ejemplo podrían ser las cumarinas las cuales presentan actividad antimicrobiana, anticoagulante, vasodilatadora, antiespasmódica, antiparasitaria, insecticida y fotosensibilizante (Bullaín, Torres y Hermosilla, 2014). Por otro lado, esta planta es utilizada en conjunto con *D. serrulata* (Jacq.) Mart.; por lo que los metabolitos propios de esta planta pueden generar una diferencia para el tratamiento de las enfermedades al contener otros grupos de moléculas de las cuales *P. portobellensis* Beurl. carece.

Como recomendaciones generales para la determinación de las propiedades terapéuticas de las hojas de la planta en estudio se recomienda la generación de investigaciones que

permitan determinar específicamente las moléculas de las familias encontradas. El conocer nombres y estructuras de estos compuestos permitirá determinar si ya se han comprobado algunas de las actividades biológicas mencionadas y de importancia para la fitoterapia de la comunidad Q'eqchi'. También, es importante la realización de estudios toxicológicos y experimentos *in vitro* o *in vivo* para el tratamiento de las enfermedades mencionadas, así como la verificación de la efectividad de la forma de extracción y aplicación del tratamiento realizado con las plantas. De esta manera se podrán generar estudios concluyentes que atribuyan las actividades terapéuticas a algunos de los compuestos químicos específicos y avalar su empleo tradicional. Por último, determinar los agentes causales de los distintos tipos de afecciones tópicas tratadas con las infusiones o emplastos de la planta en mención.

E. Avances en investigación etnobotánica

Los esfuerzos internacionales relacionado al campo de la investigación de productos naturales son importantes, puesto que ciertas especies de plantas aún no estudiadas pueden poseen un potencial comercial considerable. Su posible potencial radica en la complejidad química que las plantas poseen, la cual sigue siendo una fuente de recursos poco explotados para su uso farmacéutico y de consumo. Sin embargo, el poco interés algunas veces presentado viene de la mano de la dificultad para acceder a los recursos genéticos. Esto genera que los países de origen no estén obteniendo posibles beneficios de su biodiversidad y se está descuidando una rica fuente de diversidad química presente en las especies de plantas de todo el mundo (Heinrich et al., 2020).

En Guatemala la fitoterapia es de alta relevancia para atender la salud de la población, sin embargo, es mucha la falta de evidencia sobre la seguridad y eficacia de las plantas medicinales empleadas por los practicantes de la medicina tradicional. Se estima que menos del 1 % de las plantas conocidas en el mundo han sido analizadas en detalle por su actividad farmacológica (Heinrich et al., 2020). Un paso importante para la introducción de especies botánicas en la fitoterapia formal de América Latina es la tenencia de evidencia para el uso de estos tratamientos (Geck, et al., 2020). En el país, tenemos un acercamiento a esto con el Vademécum Nacional de Plantas Medicinales (Cáceres, 2009). Este documento contiene información validada sobre 101 medicamento a base de plantas de los cuales 42 se basan en plantas nativas.

Siguiendo la línea trazada por el proyecto etnobotánico “Salud Verde”, con esta investigación se busca continuar con la plataforma colaborativa y multidisciplinaria con un interés en común por la biodiversidad y el uso sostenible de los recursos naturales (Berger et al., 2022). El impacto de dicha investigación es un paso a una colaboración interdisciplinaria para generar mayor conocimiento en el sistema de salud tradicional guatemalteco. En esta se muestra evidencia sobre los metabolitos secundarios presentes en *Peperomia portobellensis* Beurl, la cual fue obtenido en base al conocimiento tradicional del sistema de salud etnomédico q'eqchi'. Es así, como estos datos encontrados apoyan a las propiedades y el realizar la traducción científica al usuario final representa una parte de esa colaboración deseada.

X. Conclusiones

Se logró determinar que *Peperomia portobellensis* Beurl. presenta ocho compuestos en el aceite esencial con propiedades anteriormente documentadas como actividad antimicrobiana, antifúngica, anti-protozoaria, analgésica y antiinflamatoria, que podrían respaldar su uso en el tratamiento de enfermedades por los terapeutas tradicionales del Consejo Maya Q'eqchí' ACGERS.

Con la ejecución de las pruebas cualitativas se comprobó que las hojas de *P. portobellensis* Beurl. presentan familias de metabolitos secundarios como esteroides, sesquiterpenlactonas y flavonoides de tipo flavononas. Además, se determinó que carece de taninos, glicósidos cianogenéticos y glicósidos cardiotónicos. Por último, se necesitan realizar más pruebas para determinar la presencia de quinonas, alcaloides y saponinas puesto que los ensayos aquí realizados no son concluyentes.

La presencia en las hojas *P. portobellensis* Beurl. de esteroides, sesquiterpenlactonas y flavonoides apoyan el uso desinflamatorio atribuido y aprovechado por los terapeutas tradicionales del Consejo ACGERS. Asimismo, el contenido determinado de sesquiterpenlactonas y flavonoides sustentan su uso contra las afecciones cutáneas puesto que estos compuestos poseen actividades antifúngicas y antimicrobianas comprobadas. Para sostener la actividad anti-leishmaniasis de la planta es necesario aumentar la cantidad de pruebas para la determinación de saponinas, puesto que los resultados de las pruebas aquí realizadas no fueron concluyentes.

No se determinó ninguna familia de metabolitos secundarios capaz de explicar el uso de *P. portobellensis* Beurl. contra las mordeduras de serpientes. Además, la información brindada por los terapeutas del Consejo ACGERS en este tratamiento es bastante ambigua, lo cual dificulta el encontrar una familia de metabolitos que respalde su uso en la medicina tradicional.

Esta investigación aporta a la generación de evidencia científica basada en conocimiento tradicional en el sistema de salud etnomédico q'eqchí', al presentar datos que apoyan las propiedades medicinales atribuidas.

XI. Recomendaciones

Por los alcances de la investigación no se realizó un análisis cuantitativo de los grupos de metabolitos secundarios identificados y tampoco se caracterizaron las moléculas específicas en cada grupo. Debido a esto, se necesitan ampliar las pruebas efectuadas para la caracterización química de *Peperomia portobellensis* Beurl. Se recomienda realizar más pruebas para verificar la presencia de ciertas familias de metabolitos ya que en algunas de estas se generaron falsos positivos o negativos por el mecanismo de reacción de ciertas pruebas o la presencia de otras moléculas con esqueletos parecidos. Específicamente, se necesita corroborar los grupos de quinonas, glicósidos cardiotónicos, saponinas y alcaloides. Además, es importante realizar el aislamiento de los metabolitos secundarios y caracterizarlos con pruebas instrumentales.

Para la comprobación de las propiedades terapéuticas asociadas a las hojas de *P. portobellensis* Beurl. se necesita la realización de estudios toxicológicos y experimentos *in vitro* o *in vivo* contra los agentes causales de los distintos tipos de afecciones tópicas tratadas. Asimismo, es necesaria la verificación de la efectividad de la forma de extracción y aplicación del tratamiento realizado con el material vegetal. Debido a esto se recomienda realizar pruebas complementarias que permitan obtener estudios concluyentes que sustenten las actividades terapéuticas a algunos de los compuestos químicos específicos y avalen su empleo en la medicina tradicional.

Se recomienda la realización de talleres introductorios sobre las sustancias que se pueden encontrar en las plantas. Así también, realizar talleres descriptivos con la presentación de la ficha etnofarmacológica y las distintas actividades biológicas documentadas para cada una de las moléculas y familias de metabolitos encontradas. Esto con la finalidad de que los receptores finales del conocimiento aquí recabado puedan comprender la importancia de la información presentada y hacer uso de ella, respecto al criterio del colectivo al que pertenece.

XII. Referencias bibliográficas

- Aguaré, M. (2016). *La necesidad de facultar al sacerdote maya-q'eqchi' como ministro de culto para autorizar matrimonios en el municipio de Cobán, Alta Verapaz* (Tesis de postgrado). Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Alonso, M. y Allué, J. (2015). Fitosomas: un desarrollo tecnológico para mejorar la biodisponibilidad de los extractos vegetales. *Rev. fitoter*, 15(2), 109-119.
- Aparicio, R., Rojas, L., Velasco, J., Usubillaga, A., Sosa, M. y Rojas, J. (2019). Caracterización química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de las hojas de *Libanothamnus neriifolius* (Asteraceae). *Revista Peruana de Biología*, 26(1), 095–100.
- Arenas, P. (Ed.). (2012). *Etnobotánica en zonas áridas y semiáridas del Cono Sur de Sudamérica* (pp. 11-43). Buenos Aires: CEFYBO-CONICET.
- Aycachi, R. (2019). Actividad hemolítica y toxicológica de las saponinas de *Colletia spinosissima* Gmelin “Tacsana”. *Investigación*, 27(1), 87-91.
- Barbosa, Q. y da Câmara, C. (2012). Chemical composition, circadian rhythm, and antibacterial activity of essential oils of *Piper divaricatum*: a new source of safrole. *Química Nova*, 35, 1806-1808.
- Barbosa, T. (2011). *Peperomia pellucida* L. (HBK): caracterização, desenvolvimento e validação de metodologia para quantificação de flavonoides (Tesis de postgrado). Universidade Federal de Pernambuco.
- Berdonces, J. (2019). *Enciclopedia de fitoterapia y plantas medicinales*. RBA Libros.
- Berger, M., Scotti, F., Garcia, A., Hesketh, A., Hitziger, M., Thompson, I. y Heinrich, M. (2022). Green Health in Guatemala: How can we build mutual trust and partnerships to develop an evidence-base for local medicines and realize their potential? *Botany*, 100 (2), 109-126.
- Berkes, F., Colding, J. y Folke, C. (2000). Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications*, 10, pp. 1251-1262.
- Bullaín, M., Torres, E. y Hermosilla, R. (2014). Tamizaje fitoquímico de los extractos de *Faramea occidentalis* (L.) A. Rich. (Nabaco). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 19(4), 421-432.
- Camargo, M. (2019). *Participación de transmisores gaseosos y receptores a cannabinoides en el efecto vasodilatador producido por β -cariofileno* (Tesis de postgrado). Universidad Autónoma de Querétaro.

- Carmona, J., Gil, R. y Rodríguez, M. (2008). Descripción taxonómica, morfológica y etnobotánica de 26 hierbas comunes que crecen en la ciudad de Mérida-Venezuela. *Boletín Antropológico*, 26 (73), 113-129.
- Carretero, M. (2000). Compuestos fenólicos: taninos. *Panorama Actual Médica*, 24 (235), 633-636.
- Cartaya, O. y Reynaldo, I. (2001). Flavonoides: Características químicas y aplicaciones. *Cultivos tropicales*, 22 (2), 5-14.
- Castillo, E. y Martínez, I. (2007). *Manual de fitoterapia*. ElSevier Masson.
- Centro de Estudios en Salud -CES-. (2022). *Proyecto: Salud Verde*. <https://www.ces.uvg.edu.gt/page/project/proyecto-salud-verde/>
- Cerón, C. (2002). La etnobotánica en el Ecuador. *Cinchonia*, 3 (1), 1-16.
- CONACYT. (2019). *¿Qué son y para qué sirven los metabolitos de las plantas?* Extraído de (29 de septiembre de 2021) <https://www.cyd.conacyt.gob.mx/?p=articulo&id=227>
- Consejo ACGERS. (2019). *Proyecto Salud Verde: mejorando la participación indígena en mecanismos de ABS del CBD*. Universidad del Valle de Guatemala y Universidad de Londres UCL.
- Cucul, J. (2012). *La práctica de los elementos de la Cultura maya Q'eqchi' en el Instituto Privado Mixto de Magisterio Bilingüe* (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Cruz, S. (2016). Medicina tradicional y fitoterapia una alternativa para el mejoramiento de la salud en Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 3(1), 81-90.
- Debnath, B., Singh, W., Das, M., Goswami, S., Singh, M., Maiti, D. y Manna, K. (2018). Role of plant alkaloids on human health: A review of biological activities. *Materials today chemistry*, 9, 56-72.
- De Feo, V., Belaunde, A., Sandoval, J., Senatore, F. y Formisano, C. (2008). Antibacterial activity and composition of the essential oil of *Peperomia galioides* HBK (Piperaceae) from Peru. *Natural Product Communications*, 3(6), 1934578X0800300622.
- Dorado, C. (2020). Etnofarmacología, riqueza terapéutica de México para el desarrollo social sostenible. *Ecociencia International Journal*, 2(3), 54-66. <https://doi.org/10.35766/je20236>
- Douglas-Stevens, W. (Ed.). (2001). *Flora de Nicaragua*. Missouri Botanical Garden Press.

- Droždž, B. y Bloszyk, E. (1978). Selective detection of sesquiterpene lactones by TLC. *Planta Medica*, 33(04):379–384.
- Dutta, A., Ghoshal, A., Mandal, D., Mondal, N., Banerjee, S., Sahu, N. y Mandal, C. (2007). Racemoside A, an anti-leishmanial, water-soluble, natural steroidal saponin, induces programmed cell death in *Leishmania donovani*. *Journal of Medical Microbiology*, 56(9):1196–1204.
- Eichele, K. (2010). Phytotherapy – An introduction. *The journal of the European Medical Writers Association*, 19(1), 67.
- Estrada, A. (2006). Li Tzuultaq'a ut li ch'och'. Una visión de la tierra, el mundo y la identidad a través de la tradición oral q'eqchi' de Guatemala. *Estudios de cultura maya*, 27, 149-163.
- Fagetti, A. (2011). Fundamentos de la medicina tradicional mexicana. *Saberes colectivos y diálogo de saberes en México*, 137-151.
- Field Museum of Natural History. (2022). *Peperomia portobellensis* Beurl. Field Museum. <https://plantidtools.fieldmuseum.org/es/rrc/catalogue/306401>
- Geck, M., Cristians, S., Berger, M., Casu, L., Heinrich, M. y Leonti, M. (2020). Traditional herbal medicine in Mesoamerica: toward its evidence base for improving universal health coverage. *Frontiers in pharmacology*, 11, 1160.
- German, D. (2019). *Influencia del material vegetal utilizado (hojas y tallos) de Tagetes multiflora y Ambrosia arborescens y el método de extracción, en la cuantificación de alcaloides para la evaluación del efecto antioxidante* (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador.
- Germonprez, N., Maes, L., Puyvelde, L., Tri, M., Tuan, D. y Kimpe, N. (2005). *In vitro* and *in vivo* anti-leishmanial activity of triterpenoid saponins isolated from *Maesa balansae* and some chemical derivatives. *Journal of Medicinal Chemistry*, 48(1):32–37.
- Gibka, J., Kunicka, A., y Gliński, M. (2009). Antimicrobial activity of Undecan-2-one, Undecan-2-ol and their derivatives. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*;12(5):605-614.
- Gómez, R. (2012). Plantas medicinales en una aldea del estado de Tabasco, México. *Revista fitotecnia mexicana*, 35(1), 43-49.
- González, J. y Vallejo, J. (2013). Etnomedicina en España: algunos remedios tradicionales basados en el uso de artrópodos. *Boln SEA*, 52, 311-6.
- González, N. (2020). *Medicina natural: Plantas medicinales*. 392 pp.

- Guayanlema, J. y Vargas, C. (2017). *Determinación de la actividad antibacteriana de los aceites esenciales de dos especies de la familia Piperaceae recolectadas en la provincia del Guayas – Ecuador, durante el período abril – agosto del 2016* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Chimborazo.
- Guillermo, R. (2002). *Comprobación del efecto cicatrizante de Peperomia scutellaefolia R.et.P., aspectos etnofarmacológicos, botánicos y estudio químico* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Heinrich, M., Scotti, F., Andrade, A., Berger, M., Echeverría, J., Friso, F., et al. (2020). Access and benefit sharing under the Nagoya protocol—Quo Vadis? Six Latin American case studies assessing opportunities and risk. *Frontiers in Pharmacology*, 11, 765.
- Hernández, J., Pérez, J., Rivas, R., de Díaz, M. y Rivas, M. (2017). Cuantificación de sesquiterpenlactonas procedentes de las hojas de *Calea urticifolia* (Asteraceae) durante el año 2012. *Revista Minerva*, 1(1), 41-50.
- Hitziger, M., Heinrich, M., Edwards, P., Pöll, E., Lopez, M. y Krütli, P. (2016). Maya phytomedicine in Guatemala—Can cooperative research change ethnopharmacological paradigms? *J. Ethnopharmacol.* 186, 61–72. doi: 10.1016/j.jep.2016.03.040
- Hitziger, M., Gonzalez, M., Gharzouzi, E., Santizo, D., Miranda, R. et al. (2017). Patient-centered boundary mechanisms to foster intercultural partnerships in health care: a case study in Guatemala. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*, 13(1), 1-13.
- Horák, M., Somerlíková, K., Kavenská, V., Granda, L., Škrabáková, L., et al. (2015). Etnobotánica y fitoterapia en América. *Universidad de Mendel en Brno, Facultad de Desarrollo Regional y Estudios Internacionales, Departamento de Idiomas y Estudios Culturales. República Checa.*
- Huansha, A. y Villón, E. (2018). *Actividad cicatrizante del extracto hidroalcohólico de las hojas de Peperomia congona Sodiro (Congona) en ratas albinas* (Tesis de pregrado). Universidad Inca Garcilaso de la Vega.
- Instituto Nacional de Estadística de Guatemala -INE-. (2018). *Resultados del Censo 2018*. Extraído de <https://www.censopoblacion.gt/explorador>
- Islas, M., Romero, L., Valenzuela, R. y Torres, J. (2017). Esteroles principales de *Ganoderma curtisii* y *Ganoderma applanatum* del estado de Hidalgo, México. *Avances en Ciencia e Ingeniería*, 9 (1), 43-54.
- Jiménez, J. (2022). *Peperomia portobellensis*. Ecos del Bosque. <https://ecosdelbosque.com/plantas/peperomia-portobellensis>

- Joint Committee of the Pharmaceutical Society and the Society for Analytical Chemistry on Methods for the Evaluation of Drugs (1965). The chemical assay of senna fruit and senna leaf. *The Analyst*, 90(1075):582–588.
- Kar, A. (2007). *Pharmacognosy and pharmacobiotechnology*. New Age International (P) Ltd, New Delhi.
- Kuroda, M., Nagasaki, S., Ito, R. y Ohta, T. (2007). Sesquiterpene farnesol as a competitive inhibitor of lipase activity of *Staphylococcus aureus*. *FEMS Microbiology Letters*, 273(1), 28-34.
- Lee, S., Han, J., Lee, G., Park, M., Choi, I., Na, K. y Jeung, E. (2007). Antifungal effect of eugenol and nerolidol against *Microsporium gypseum* in a guinea pig model. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*. 30:184-188.
- Legault, J. y Pichette, A. (2007). Potentiating effect of β -caryophyllene on anticancer activity of α -humulene, isocaryophyllene and paclitaxel. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 59(12), 1643-1647.
- López, J. (2018). La medicina tradicional Maya: ¿Un saber en extinción? *Trace. Travaux et recherches dans les Amériques du Centre*, (74), 114-134.
- Lozano, N., et al. (1997) Estudio de las especies de *Peperomia* de la familia Piperaceae. *Scientia Omni*. 1(3):71-81.
- Lozano, N., Solís, L. y Bonilla, P. (1998). Sustancias químicas bioactivas de *Peperomia flavamenta*. *Ciencia e Investigación*, 1(1), 32-34.
- Leyva, E., Loredó, S., López, L., Escobedo, E. y Navarro, G. (2017). Importancia química y biológica de naftoquinonas. Revisión bibliográfica. *Afinidad*, 74 (577).
- Luján, M. y Martínez, G. (2019). Etnobotánica médica urbana y periurbana de la ciudad de Córdoba (Argentina). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 18 (2), 155-196.
- Maes, L., Germonprez, N., Quirijnen, L., Puyvelde, L., Cos, P. y Berghe, D. (2004). Comparative Activities of the Triterpene Saponin Maesabalide III and Liposomal Amphotericin B (AmBisome) against *Leishmania donovani* in Hamsters. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 48(6):2056–2060.
- Marcano, E., Padilla, A. y Rojas Fermín, L. (2013). Aceite esencial extraído por hidrodestilación del tejido xilemático de ramas de *Bursera simaruba* (L.) Sarg. *Revista Forestal Latinoamericana*, 28: 27-36.

- Marini, G., Nicoletti, M., Patamia, M., Galeffi, C. y Messana, I. (1981). Plant screening by chemical and chromatographic procedures under field conditions. *Journal of Chromatography A*, 213(1):113–127
- Marroquín, M. (2016). *Evaluación de la actividad cicatrizante de extracción etanólicos de hoja y corteza de mangle rojo (Rhizophora mangle L.) mediante técnicas in vitro, para su aprovechamiento en la industria farmacéutica* (Tesis de posgrado). Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Matta, A. y Díaz, T. (2013). *Tamizaje fitoquímico de Peperomia inaequalifolia Ruiz y Pav. "Tuna Congona", evaluación del extracto acuoso liofilizado sobre heridas, úlcera experimental y toxicidad en animales de laboratorio* (Tesis de pregrado). Universidad peruana Cayetano Heredia.
- Mazroatul, C., Deni, G., Habibi, N. y Saputri, G. (2016). Anti-hypercholesterolemia activity of ethanol extract *Peperomia pellucid*. *ALCHEMY jurnal penelitian kimia*, 12(1), 88-94.
- Mendes, L., Maciel, K., Vieira, A., Mendonça, L., Silva, R., Neto, P. y Vieira, J. (2011). Actividad antimicrobiana de extratos etanólicos de *Peperomia pellucida* e *Portulaca pilosa*. *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada*, 32 (1).
- Michel, J., Cáceres, A. y Mahady, G. (2016). Ethnomedical research and review of Q'eqchi Maya women's reproductive health in the Lake Izabal region of Guatemala: past, present, and future prospects. *J. Ethnopharmacol.* 178, 307–322. doi: 10.1016/j.jep.2015.12.006
- Mir, M., Parihar, K., Tabasum, U. y Kumari, E. (2016). Estimation of alkaloid, saponin and flavonoid, content in various extracts of *Crocus sativa*. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 4(5):171–174.
- Morán, J. (2020). *Evaluación de la actividad antimicrobiana in vitro del extracto etanólico de Ixbut (Euphorbia lancifolia Schlecht.)* (Tesis de Pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Moreno, É., Leal, S., Stashenko, E. y García, L. (2018). Induction of programmed cell death in *Trypanosoma cruzi* by *Lippia alba* essential oils and their major and synergistic terpenes (citral, limonene and caryophyllene oxide). *BMC complementary and alternative medicine*, 18(1), 1-16.
- Mullally, M., Cayer, C., Muhammad, A., Walshe, B., Ahmed, F., Sanchez, P. E., et al. (2016). Anxiolytic activity and active principles of *Piper amalago* (Piperaceae), a medicinal plant used by the Q'eqchi' Maya to treat susto, a culture-bound illness. *J. Ethnopharmacol.* 185, 147–154. doi: 10.1016/j.jep.2016.03.013

- Nah, J., Hahn, J., Chung, S., Choi, S., Kim, Y. y Nah, S. (2000). Effect of ginsenosides, active components of ginseng, on capsaicin-induced pain-related behavior. *Neuropharmacology*, 39(11), 2180-2184.
- Ochoa, V., Fuertes, C., Chávez, N., Contreras, D., Goya, E., *et al.* (2018). Metabolitos en las hojas de *Erythroxylum coca* Lam y *Erithroxylum novogranatense* (Morris) Vieron y evaluación de sus propiedades biológicas mediante bioensayos. *Revista Peruana de Medicina Integrativa*, 2(4), 828-834.
- Ovando, E. (2007). *Estudio fitoquímico exploratorio de Peperomia cuchumatana Véliz y Peperomia moralesii Véliz (Piperaceae), especies endémicas de Guatemala* (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Oyedemi, S.; Okoh, A.; Mabinya, L.; Pirochenva, G. y Afolayan, A. (2009). The proposed mechanism of bactericidal action of eugenol, -terpineol and g-terpinene against *Listeria monocytogenes*, *Streptococcus pyogenes*, *Proteus vulgaris* and *Escherichia coli*. *African Journal of Biotechnology*, 8 (7), pp1280-1286.
- Pérez, N. y Jiménez, E. (2011). Producción de metabolitos secundarios de plantas mediante el cultivo in vitro. *Biotecnología vegetal*, 11 (4).
- Pino, O., Rojas, M., Sánchez, Y. y Espinosa, I. (2018). Actividad antibacteriana de aceites esenciales obtenidos de plantas de origen cubano sobre *Streptococcus suis*. *Revista de Salud Animal*, 40(3).
- Ramírez, F. (2019). *Identificación de los componentes químicos en Vitex gaumeri como precursores para el tratamiento de leishmaniasis cutánea en Guatemala* (Tesis de pregrado). Universidad del Valle de Guatemala.
- Reyes, V. (2009). Conocimiento ecológico tradicional para la conservación: dinámicas y conflictos. *Papeles*, Vol. 107, pp. 39-55.
- Rivera, S. y Rivera, T. (2005). *Estudio fitoquímico preliminar de la especie Solanum stellatiglandulosum bitter y evaluación preliminar de la actividad biológica frente Artemia salina Leach* (Tesis de pregrado). Universidad del Quindío.
- Rodríguez, J., González, P., Fernández, A. y Peña, J. (2011). Fitoterapia y sus aplicaciones. *Rev Esp Podol*, 22 (6), 258-67.
- Rodríguez, R., González, G., Verde, M., Morales, M., Rivas, C., Oranday, A., Núñez, M. y Treviño, J. (2011). Bioprospección de la actividad antimicótica de extractos metanólicos de *Ariocarpus kotschoubeyanus* y *Ariocarpus retusus*. *Polibotánica*, 31, 143-155.
- Rojas, D. (2013). Vicisitudes del Protocolo de Nagoya en Colombia. *Gestión y Ambiente*, 16 (3), 17-23.

- Rojas, L., Jaramillo, C. y Lemus, M. (2015). *Métodos analíticos para la determinación de metabolitos secundarios de plantas* (Tesis de pregrado). Editorial Universidad Técnica de Machala.
- Rojas, L., Lucena, M., Buitrago, A., Mender, T., Cárdenas, N., Rojas, J. y Gullien, E. (2011). Estudio comparativo de la composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial de *Ruta graveolens* L. recolectada en los estados Mérida y Miranda, Venezuela. *Avances en Química*, 6(3), 89-93.
- Rueda, X. y Mogollón, O. (2012). Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial de las especies *Eucalyptus globulus* y *E. camaldulensis* de tres zonas de Pamplona (Colombia). *Bistua: Revista de la facultad de Ciencias Basicas*, 10(1), 52-61.
- Saravia, P., Hernández, R., Gutiérrez, J., Mérida, M. y Cáceres, A. (2015). Evaluación de la capacidad neutralizante de extractos de plantas de uso popular en Guatemala como antídotos para el envenenamiento por la mordedura de la serpiente *Bothrops asper*. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 2(1), 25-37.
- Sarmiento, M. (2014). Protocolo de Nagoya sobre acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de su utilización: cuatro retos para su implementación en países de América Latina y el Caribe. *Revista Opera*, (15), 127-146.
- Schultes, R. y Von Reis, S. (1995). *Evolution of a Discipline* (Vol. 414). Portland, Ore: Dioscorides Press.
- Shibata, S., Takito, M. y Tanaka, O. (1950). Paper Chromatography of Anthraquinone Pigments. *Journal of the American Chemical Society*, 72(6):2789–2790.
- Silva, G., Lee, I. y Kinghorn, A. (1998). *Natural Product Isolation (Methods in Biotechnology)*, capítulo Special Problems with the Extraction of Plants, pp. 343–363. Humana Press, Totowa, New Jersey.
- Silva, R., Ribeiro, J., Freitas, M., Arruda, M., Nascimento, M., Barbosa, W. y Rolim Neto, P. (2013). Caracterização físicoquímica e análises por espectrofotometria e cromatografia de *Peperomia pellucida* L. (HBK). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 15, 717-726.
- Singh, T., Singh, R. y Malik, P. (2014). Analgesic and anti-inflammatory activities of *Annona squamosa* Linn bark. *J. Scientific and Innov. Res*, 3, 60-64.
- Soria, N. (2018). Las Plantas Medicinales y su aplicación en la Salud Pública. *Revista de salud pública del Paraguay*, 8(1), 7-8.

- Teixeira, A. (2012). *Fitoterapia aplicada à prevenção e tratamento de infecções urinárias* (Tesis doctoral). Universidade Fernando Pessoa.
- Thomson, R. (1971). *Naturally occurring quinones*. Academic Press.
- Urrea, V. y Sequeda, L. (2012). evaluación de los extractos de *Anacardium excelsum* (Anacardiaceae) como alternativa hacia la preservación de alimentos. *Vitae*, 19(1), S394-S396.
- Vargas, J. y Andrade, A. (2018). Ethnopharmacological field study of three Q'eqchi communities in Guatemala. *Frontiers in pharmacology*, 9, 1246.
- Viera, D., Dupuy, M., Manzanares, K., Dorado, B. y Ayon, F. (2014). Etnobotánica: Empleo de plantas para uso medicinal. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 2(1).
- Vila, R. y Cañigüeral, S. (2006). El aceite esencial de *Malaleuca alternifolia* en el tratamiento de la vulvovaginitis. *Revista de fitoterapia*, 6(2):119-128).
- Villarreal, W. (2015). *Análisis fitoquímico preliminar de Clethra fimbriata Kunth (Clethraceae) a partir de extractos etanólicos de hojas y tallos* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana.
- Whitby, G. (1923). Some new reactions for the detection of sterols. *Biochemical Journal*, 17(1), 5–12.
- Wójciak, M. y Oniszczyk, A. (2008). *Thin Layer Chromatography in Phytochemistry (Chromatographic Science Series)*, capítulo Sample Preparation and TLC Analysis of Phenolic Acids, pp. 331–364. CRC Press
- Yactayo, V. (2021). *Tamizaje fitoquímico y evaluación antioxidante del extracto acuoso a diferentes temperaturas de hojas y corteza de Miconia barbeyana (Paliperro)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Yancha, G. (2018). *Comprobación de la actividad ansiolítica de Pataconyuyo (Peperomia peltigera C. DC.) in vivo en ratones (Mus musculus)* (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica de Chimborazo.
- Yáñez, X., Betancur, L., Agudelo, L., Zapata, M., Correa, J., Mesa, A. y Stashenko, E. (2009). Composición química y actividad biológica de aceites esenciales de *Calycolpus moritzianus* recolectado en el Norte de Santander, Colombia. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 41(3), 259-267.
- Zambrano, L. (2014). *Etnobotánica de las plantas medicinales empleadas en el área rural de la parroquia San Carlos, cantón Quevedo, Los Ríos, Ecuador* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Zambrano, L., Buenaño, M., Mancera, N. y Jiménez, E. (2015). Estudio etnobotánico de plantas medicinales utilizadas por los habitantes del área rural de la Parroquia San Carlos, Quevedo, Ecuador. *Universidad y Salud*, 17(1), 97-11

XIII. Anexos

A. Metodología complementaria

A continuación se describen los procedimientos de cada una de las pruebas que se realizarán para la investigación.

1. Pruebas de taninos. Para las pruebas de gelatina y gelatina con sal se basarán en el artículo de Marini *et al*, (1981) y la prueba de cloruro férrico en el de Wójciak y Oniszczyk (2008). Se evaporarán 5 mL de extracto de diclorometano y metanol a sequedad en un baño de vapor, se agregan 25 mL de agua caliente y se agitará hasta disolver. Al enfriarse, se agregarán cuatro gotas de cloruro sódico al 10% (p/v) y se filtrará al vacío. El sólido será desechado y la solución se repartirá en cuatro tubos de ensayo. Los primeros tres tubos se utilizarán para las siguientes pruebas mientras que el cuarto servirá de blanco.

a. Test de gelatina. Se agregarán 5 gotas de solución de gelatina al 5 % (p/v) y se dejará reposar por diez minutos.

b. Test de gelatina con sal. Se agregarán 5 gotas de solución de gelatina al 5% (p/v) con 5 gotas de sal al 10 % (p/v). Se dejará reposar por diez minutos.

c. Test de cloruro férrico (FeCl₃). Se agregarán 4 gotas de FeCl₃ al 9 % (p/v) y se dejarán reposar por diez minutos.

2. Pruebas para esteroides. Las pruebas para esteroides están basadas en el artículo de Whitby (1923). Se evaporarán 5 mL de extracto de benceno, diclorometano y metanol hasta sequedad en un baño de vapor. Se decolorará el extracto seco con varias porciones de 10 mL de dietil éter y, luego de que el lavado de éter quedé incoloro, se agregarán 20 mL de benceno. Se filtrará al vacío y se repartirá en cuatro tubos de ensayo. El cuarto tubo será el blanco.

a. Test de Liebermann-Burchard. Se agregarán 3 gotas de anhídrido acético al tubo de ensayo y una gota de ácido sulfúrico. Se agitará suavemente y se dejará reposar por una hora.

b. Test de Liebermann-Burchard para saponinas esteroideas. Se agregarán 19 gotas de anhídrido acético y una gota de ácido sulfúrico. Se agitará suavemente y se dejará reposar por una hora.

c. Test de Salkowski. Se agregará lentamente 1 mL de ácido sulfúrico concentrado y se dejará reposar por una hora.

3. Pruebas de glicósidos cianogénicos. La siguiente prueba está basada en la prueba de Guignard descrito en el trabajo de Kar (2007). Se recortarán rectángulos de papel filtro con dimensiones de 1×3cm, se sumergirán en una solución de ácido pícrico 1% (p/v), se secarán en un horno a 40 °C por tres minutos, se sumergirán en una solución de carbonato de sodio 10% (p/v) y nuevamente se secarán en el horno. En diferentes tubos de

ensayo con rosca se agregarán 3 mL de cada uno de los extractos realizados y en otro tubo de ensayo se agregarán 100 mg de la planta molida. A cada uno se agregará 1 mL de agua y un par de gotas de tolueno. Se triturará suavemente con una varilla de vidrio y se colocarán los papeles de picrato. Se taparán los tubos de ensayo y se dejarán reposar en el horno a 40 °C por dos horas.

4. Pruebas para sesquiterpenlactonas. Las dos pruebas cualitativas están basadas en trabajo de Silva, Lee y Kinghorn (1998), mientras que la cromatografía en capa fina (TLC) está basada en el artículo de Droždž y Bloszyk (1978). En tres tubos de ensayo diferentes se agregarán 3 mL del extracto de diclorometano y metanol, usándose el primer tubo como blanco.

a. Test de Baljet. Se agregarán 5 gotas de una solución preparada con volúmenes iguales de ácido pícrico 1 % (p/v) e hidróxido de sodio 10 % (p/v), mezclando las dos soluciones en volúmenes iguales antes de usarse (1:1). Se dejará reposar por 10 minutos.

b. Test de Legal. Se agregarán 5 gotas de piridina, una gota de nitroprusiato de sodio 5 % (p/v) y cinco gotas de hidróxido de sodio 2N. Se dejará reposar por 10 minutos.

c. TLC. Se molerán 5 g de la planta seca con 20 mL de cloroformo. Se filtrará al vacío, se descartará el sólido y la solución será almacenada con 25 mL de etanol al 95 % (v/v) y 25 mL de acetato de plomo 4 % (p/v) por 24 horas a 4 °C. Se filtrará al vacío, descartándose el sólido, y la solución será extraída con tres volúmenes de 10 mL de cloroformo. Se concentrarán los extractos de cloroformo y se cromatografiará en placas de sílica en dos fases móviles diferentes (benceno-metanol (9:1) y cloroformo-metanol (99:1)) y serán asperjadas con una solución preparada con volúmenes iguales de resorcinol al 2 % (p/v) en metanol y ácido sulfúrico al 2 % (v/v). Las placas se calentarán en un horno a 100 °C por 5 minutos luego de ser asperjadas y se observarán bajo luz visible (Vis) y bajo luz ultravioleta (UV).

5. Pruebas de quinonas. Para la detección de quinonas hidroxiladas se presentan dos pruebas diferentes: la prueba de Bornträger con dos variaciones: con hidróxido de amonio e hidróxido de sodio y la prueba con acetato de magnesio. El método realizado se basa en lo descrito en Rufai, Isah e Isyaka (2016), Thomson (1971), Joint Committee of the Pharmaceutical Society and the Society for Analytical Chemistry on Methods for the Evaluation of Drugs (1965) y Shibata, Takito y Tanaka (1950) respectivamente. Para las pruebas de Bornträger y de acetato de magnesio se utilizarán los extractos de benceno, diclorometano y metanol.

a. Test de Bornträger (hidróxido de amonio). Se evaporarán 3 mL de extracto a sequedad en un baño de vapor, se dejará enfriar y se agregará 30 mL de agua destilada. Se filtrará, se descartará el sólido y la solución se extraerá con 10 mL de benceno. La fase acuosa será descartada y la fase orgánica se colocará en un tubo de ensayo. Se agregarán 2 mL de hidróxido de amonio, se mezclará y se dejará reposar por 20 minutos.

b. Test de Bornträger (hidróxido de sodio). Se colocará en un tubo de ensayo 3 mL de extracto, 4 gotas de etanol y 8 gotas de hidróxido de sodio 5% (p/v). Se dejará reposar por 20 minutos. La reacción dependerá del tipo de quinona presente en el extracto.

c. Test con acetato de magnesio. Se recortarán cuadrados de papel filtro con dimensiones de 2.5cm×2.5cm y se colocará una gota de extracto en cada cuadrado de papel filtro. Se esperará a que el solvente se evapore del papel filtro y se asperjará con acetato de magnesio al 0.5 % (p/v) disuelto en metanol. Se secará dentro de un horno a 90 °C por 5 minutos.

6. Pruebas para saponinas. Las saponinas son identificadas con una prueba de espuma y con una prueba de L–B descrita en las pruebas de esteroides. Se realizará la prueba de espuma según lo descrito en Mir, Parihar, Tabasum y Kumari, (2016) y la prueba de Salkowski para saponinas de acuerdo con Rodríguez et al, (2011).

a. Prueba de espuma. Se colocarán 100 mg de la planta seca dentro de un tubo de ensayo con rosca y se agregará un volumen igual de agua destilada. Se tapaná y se agitará vigorosamente por 40 segundos. Se dejará reposar por 30 minutos.

b. Prueba de Salkowski. Se tomarán 3 mL del extracto concentrado y se añadirán 2 mL de cloroformo. Se añadirán 5 gotas de anhídrido acético y 1 gota de ácido sulfúrico concentrado, ambos por las paredes.

7. Pruebas para glucósidos cardiotónicos. Las pruebas de Kedde, Raymond y Baljet sirven para la detección del anillo lactónico de la aglicona. Para la prueba de Kedde y Raymond se utilizarán todos los extractos y para las pruebas de Baljet se utilizará el extracto metanólico. El procedimiento estará basado en Kar (2007).

a. Test de Kedde. Se recortarán cuadrados de papel filtro con dimensiones 2.5cm × 2.5cm y en cada uno se colocará 1 gota, 2 gotas y 3 gotas del extracto. Se dejará evaporar los solventes y los papeles serán asperjados con volúmenes iguales de una solución de ácido 3,5-dinitrobenzoico al 3 % (p/v) en etanol y una solución acuosa de hidróxido de sodio al 8 % (p/v). Se secarán dentro de un horno a 100 °C por 5 minutos.

b. Test de Raymond. Se colocarán 3 mL del extracto en un tubo de ensayo y se agregarán 2 gotas de una solución de m-dinitrobenceno al 1 % (p/v) en etanol y 3 gotas de hidróxido de sodio al 20 % (p/v). Se dejará reposar por 20 minutos.

c. Test de Baljet. Se colocarán 3 mL del extracto en un tubo de ensayo y se agregarán 5 gotas de una solución preparada en volúmenes iguales de ácido pícrico al 1 % (p/v) e hidróxido de sodio al 10 % (p/v). Se dejará reposar por 20 minutos.

8. Pruebas para flavonoides. Se secará 1 g de extracto metanólico y de benceno en un baño de vapor. Se lavará con porciones de 10 mL de éter dietílico hasta que el lavado quede incoloro. Los lavados serán descartados. Se agregarán 30 mL de etanol al 80 % (v/v) y se filtrará al vacío. La fase sólida se descartará y la fase acuosa se repartirá en cuatro tubos de ensayo, donde el cuarto será el blanco. Las pruebas de cianidina, Shinoda y ácido sulfúrico serán preparados según Silva *et al*, (1998).

a. Test de cianidina. Se agregarán 10 gotas de ácido clorhídrico concentrado y 5 virutas de magnesio al tubo de ensayo. Se dejará reposar por 10 minutos y se agregará un volumen igual de agua destilada junto con 1 mL de octanol. Se dejará reposar por 20 minutos.

b. Test de Shinoda. Se agregarán 5 virutas de magnesio y 2 gotas de ácido clorhídrico concentrado al tubo de ensayo. Se dejarán reposar por 20 minutos.

c. Test de ácido sulfúrico. Al tubo de ensayo se agregarán 5 gotas de ácido sulfúrico concentrado. Se dejarán reposar por 20 minutos.

9. Pruebas para alcaloides. Se macerará 1 g de planta seca con 20 mL de etanol al 80 % (v/v) y se filtrará, descartando la fase sólida. Se evaporará a sequedad dentro de un baño de vapor y se añadirán 15 mL de ácido clorhídrico 2 N. Se agitará y mantendrá dentro del baño de vapor por 20 minutos. Luego de enfriarse, se agregará 1 g de Celite y se filtrará. Se descartará la fase sólida y la fase acuosa será alcalinizada con suficiente hidróxido de amonio hasta llegar a un pH de 8 o 9. La solución se extraerá con 10 mL de cloroformo. A la fase acuosa se le agregará suficiente ácido clorhídrico 2 N para disminuir el pH a 1 y se filtrará. La fase sólida será descartada y la acuosa se repartirá en cuatro tubos de ensayo, siendo el cuarto tubo el blanco. La fase orgánica de cloroformo se evaporará a sequedad en un baño de vapor y se agregará 10 mL de ácido clorhídrico 2 N. Se agitará y filtrará, descartándose la fase sólida y la fase acuosa será distribuida en cuatro tubos de ensayo, de la misma forma en que se realizará con la fase acuosa. Las siguientes pruebas cualitativas serán preparadas según lo descrito en Kar (2007).

a. Test de Mayer. Al tubo de ensayo se agregarán cuatro gotas de una solución preparada con 0.136 g de cloruro de mercurio (II) y 0.30 g de yoduro de potasio en 10 mL de agua. Se dejarán reposar por 20 minutos.

b. Test de Wagner. Al tubo de ensayo se agregarán cuatro gotas de una solución preparada con 0.13 g de yodo sublimado y 0.2 g de yoduro de potasio en 10 mL de agua. Dejar reposar por 20 minutos

c. Test de Dragendorff. Al tubo de ensayo se agregarán cuatro gotas de una solución preparada con 4 g de nitrato de bismuto pentahidratado en 10 mL de ácido nítrico al 30 % con 13.6 g de yoduro de potasio en 25 mL de agua. Se dejará reposar por 20 minutos.

B. Cuadros adicionales

Cuadro 13 Detección de moléculas volátiles en aceite esencial por cromatografía de gases con espectrómetro de masas. Los picos descritos se refieren al cromatograma de la Figura

7

No. de pico	t _R (min)	Área (%)	Molécula más probable
1	9.653	0.63	Alpha-Pineno
2	12.10 5	0.8	Beta-Pineno
3	31.39 6	1.01	2-Undecanona
4	31.97 3	3.12	Cariofileno
5	34.99 8	0.3	Alpha-Terpineol (p-menth-1-en-8-ol)
6	35.32 1	0.56	Naftaleno, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahidro-7-metil-4-metilen-1-(1-metiletil)-, (1.alpha.,4a.alpha., 8a.alpha.)-
7	35.81 7	2.2	2-Dodecanol
8	36.17 6	0.67	1,6-Ciclododecadieno, 1-metil-5-metilen-8-(1-metiletil)-, [s-(E, E)]-
9	36.62 7	0.35	Seychellene
10	36.76 3	0.53	Naftaleno, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octanhidro-4a,8-dimetil-2-(1-metiletenilo)-, [2R-(2.alpha.,4a.alpha.,8a.beta.)]-
11	37.79 6	0.35	Naftaleno, 1,2,3,5,6,8a-hexahidro-4,7-dimetil-1-(1-metiletil)-, (1S-cis)-
12	38.82 4	0.34	Tricyclo[5.4.0.0(2,8)]undec-9-ene,2,6,6,9-tetrametil
13	39.47	9.07	2-Tridecanona
14	43.13 1	1.23	2-Pentadecanol
15	45.97	0.29	Óxido de cariofileno
16	46.82 9	0.53	2-Nonadecanona
17	46.98 4	0.29	Nerolidol
18	53.15 2	0.73	2-Naftalenometanol, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahidro-.alpha.,.alpha.,4a,8-tetrametil-, [2R-(2.alpha.,4a.alpha.,8a.beta.)]-

No. de pico	t _R (min)	Área (%)	Molécula más probable
19	53.42 9	0.8	2-Naftalenometanol, decahidro-. alpha.,.alpha.,4a-trimetil-8-metileno-, [2R-(2.alpha.,4a.alpha.,8a.beta.)]-
20	54.11 6	0.44	Ácido sulfuroso, pentadecil 2-propil éster
21	55.28 1	0.16	Octadecano, 1-cloro
22	56.01 7	0.34	Tetracontano, 3,5,24-trimetil-
23	56.27 7	0.69	Tetradecano
24	57.52 3	0.27	Ácido sulfuroso, 2-propil tetradecil éster
25	59.49 7	0.34	Etanol, 2-(hexadeciloxi)-
26	59.73 8	0.53	Ácido metoxiacético, 3-tridecil éster
27	59.97 5	0.46	Ácido metoxiacético, 3-tridecil éster
28	60.18 4	0.58	Etanol, 2-(dodeciloxi)-
29	61.31 2	0.46	15-corona-5
30	61.36 2	0.35	1-Octadecano
31	62.28 5	1.83	9-octadecenal (z)-
32	62.55 4	0.42	15-corona-5
33	64.28 7	4.1	Ácido octadecanoico
34	64.59 2	1.21	Etanol, 2-(octadeciloxi)-
35	64.91 9	0.29	Éter monododecílico del dietilenglicol
36	65.15 1	0.22	Metil 7,9-tridecadienil éter
37	66.38 8	0.18	2-Nonadecanol

No. de pico	t _R (min)	Área (%)	Molécula más probable
38	66.68 1	1.34	Ácido 9-Octadecenoico, (E)-
39	67.17 5	16.63	Ácido 6-Octadecenoico, (Z)-
40	67.45 7	3.89	Ácido 6-Octadecenoico, (Z)-
41	67.61 2	0.92	Ácido octadec-9-enoico
42	67.71 7	3.66	Ácido 9-Octadecenoico, (E)-
43	68.07 6	1.28	Ácido 9-Octadecenoico, (E)-
44	68.41 3	0.86	Ácido 9-Octadecenoico, (E)-
45	68.77 2	0.53	Metil 6,8-dodecadienil éter
46	72.35 6	0.11	Trietilenglicol monododecil éter
47	72.66 5	1.11	Ácido 9,12-Octadecadienoico (Z, Z)
48	73.09 8	25.52	Ácido 9,12-Octadecadienoico (Z, Z)
49	73.91 6	4.29	Ácido 9,12-Octadecadienoico (Z, Z)
50	74.00 3	3.14	Ácido 11,14-eicosadienoico, éster metílico
51	74.51 2	0.03	Ácido 9,12-Octadecadienoico (Z, Z)

C. Figuras adicionales

Figura 7 Cromatograma de la hoja de *P. portobellensis* Beurl.

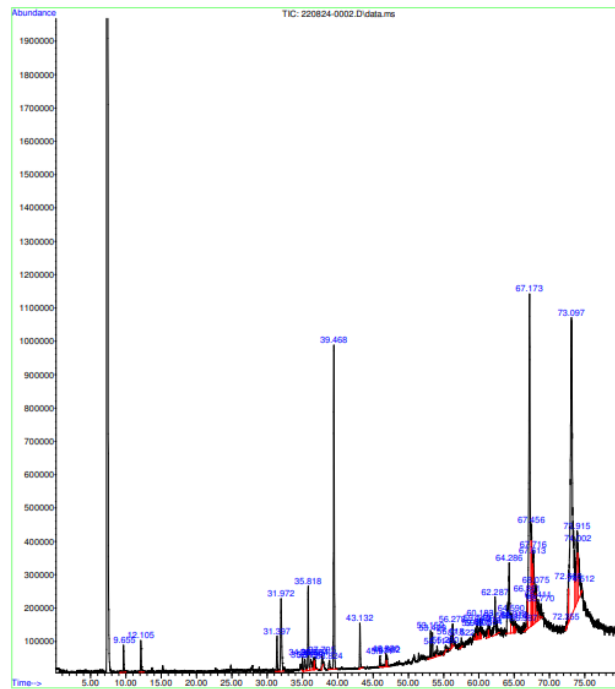


Figura 8 Prueba de taninos para extracto de diclorometano. De izquierda a derecha: Blanco, prueba de gelatina, prueba de gelatina con sal y prueba de FeCl_3 .



Figura 9 Prueba de taninos para extracto de metanol. De izquierda a derecha: Blanco, prueba de gelatina, prueba de gelatina con sal y prueba de $FeCl_3$.

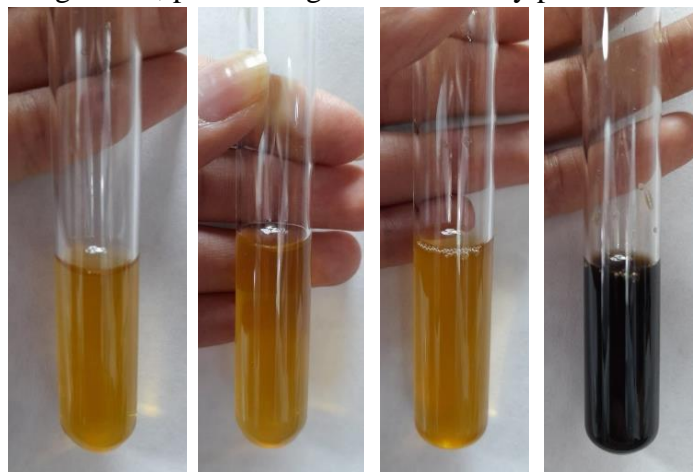


Figura 10 Prueba de esteroides para extracto de benceno. 1) Blanco, 2) Prueba de Liebermann-Burchard, 3) Prueba de Liebermann-Burchard para saponinas esteroidales,

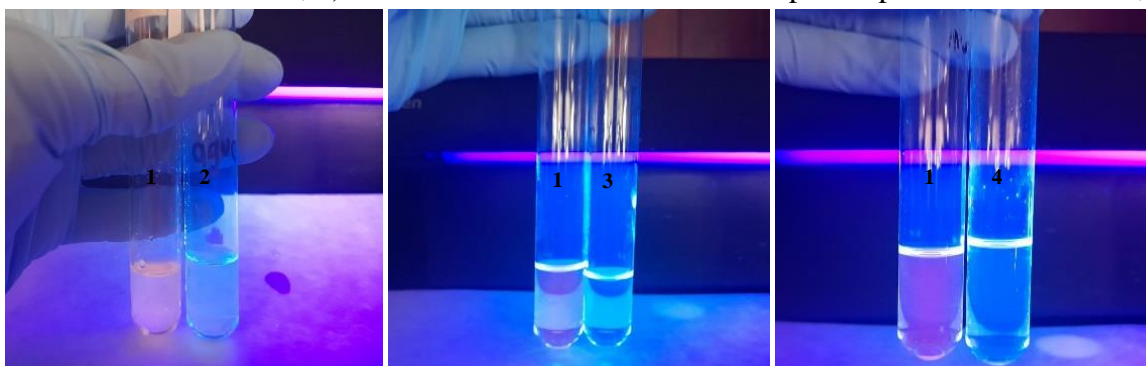


Figura 11 Prueba de esteroides para extracto de diclorometano. 1) Blanco, 2) Prueba de Liebermann-Burchard, 3) Prueba de Liebermann-Burchard para saponinas esteroidales,

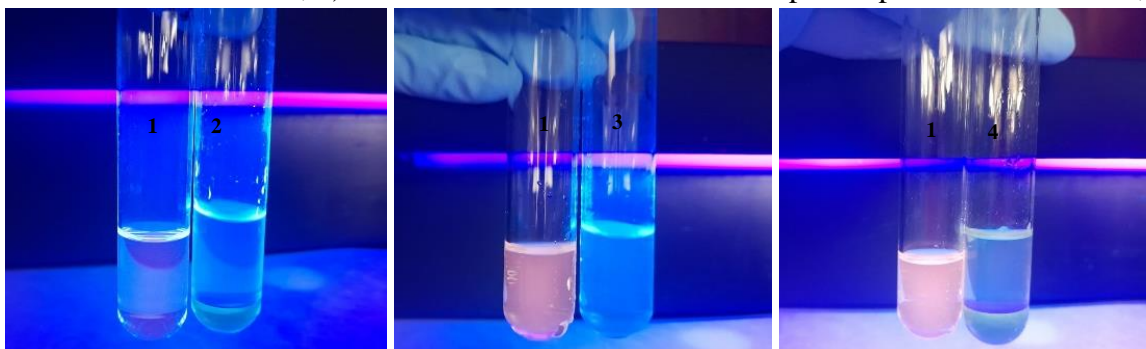


Figura 12 Prueba de esteroides para extracto metanólico. 1) Blanco, 2) Prueba de Liebermann-Burchard, 3) Prueba de Liebermann-Burchard para saponinas esteroidales.

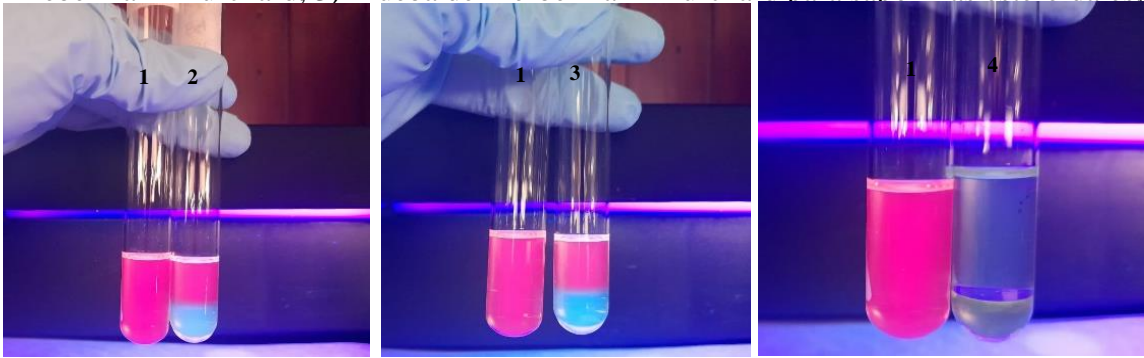


Figura 13 Prueba de Guignard para la presencia de glicósidos cianogénéticos 2 h luego de la exposición a 40 °C. De izquierda a derecha: extracto de benceno, hexano, diclorometano, metanol y planta seca.

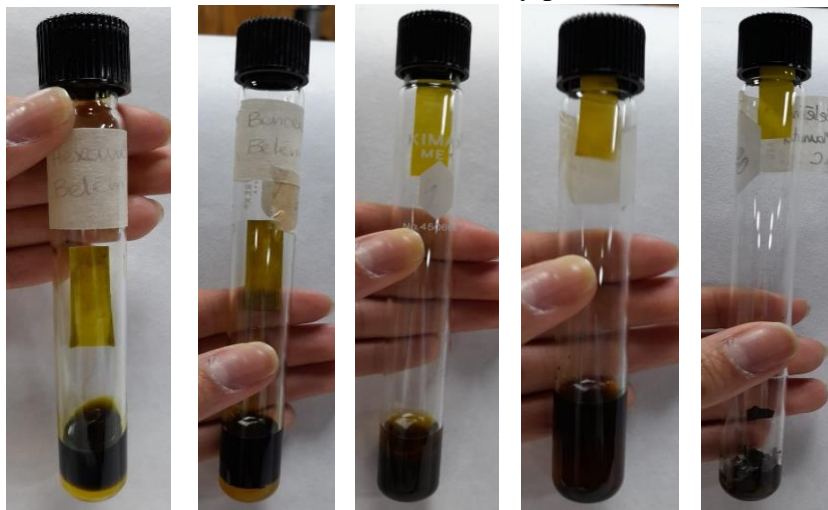


Figura 14 Prueba de Guignard para la presencia de glicósidos cianogénicas 24 h luego de la exposición. De izquierda a derecha: extracto de benceno, hexano, diclorometano, metanol y planta seca.

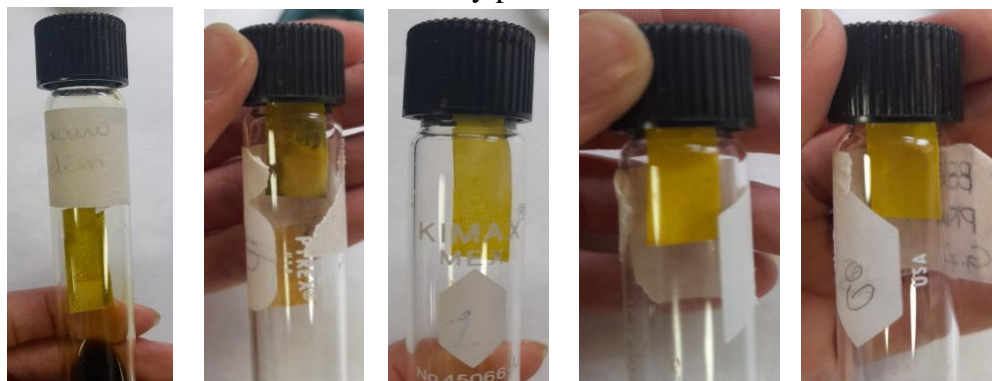


Figura 15 Pruebas cualitativas para la detección de sesquiterpenlactonas en el extracto de diclorometano. De izquierda a derecha: Prueba de Legal y prueba de Baljet.



Figura 16 Pruebas cualitativas para la detección de sesquiterpenlactonas en el extracto metanólico. De izquierda a derecha: Prueba de Legal y prueba de Baljet



Figura 17 Cromatografía en capa fina (TLC) para la detección de sesquiterpenlactonas. Donde: a) Placas antes de ser rociadas con la solución reveladora, b) placas luego de ser rociadas, c) placas bajo luz UV; 1) fase móvil de benceno-metanol (9:1) y 2) fase móvil de cloroformo-metanol (99:1).

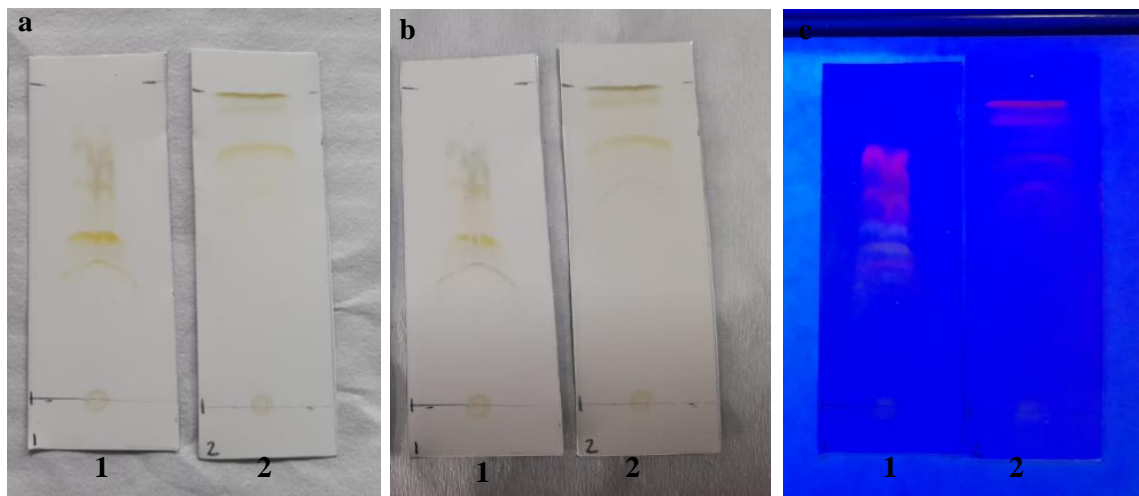


Figura 18 Prueba de Borntränger (Hidróxido de amonio). De izquierda a derecha: Benceno, diclorometano y metanol.



Figura 19 Prueba de Borntränger (Hidróxido de sodio). De izquierda a derecha: Benceno, diclorometano y metanol.



Figura 20 Prueba de acetato de magnesio. De izquierda a derecha: Antes de ser asperjado, después de ser asperjado y bajo luz UV. Extractos: B: Benceno, D: Diclorometano y M: Metanol

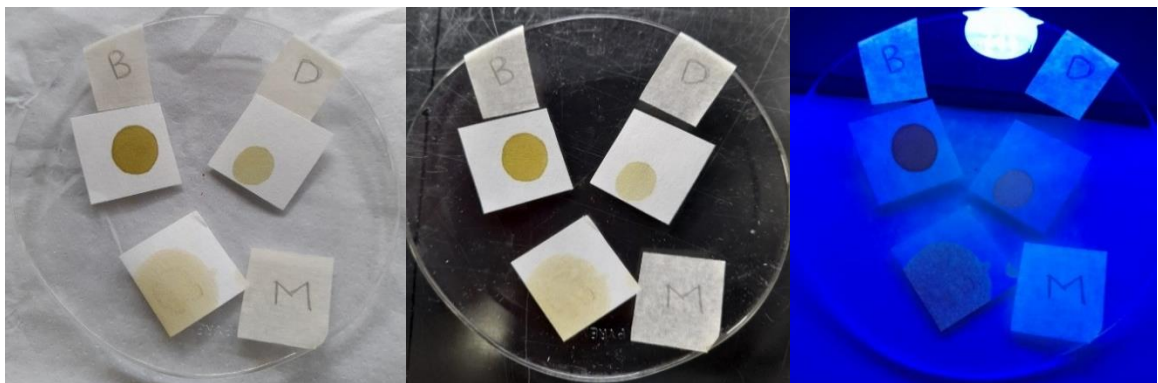


Figura 21 Prueba de espuma para la detección de saponinas en las hojas de *Peperomia portobellensis* Beurl.



Figura 22 Prueba de Salkowski para la detección de saponinas. De izquierda a derecha extractos de: benceno, diclorometano y metanol.

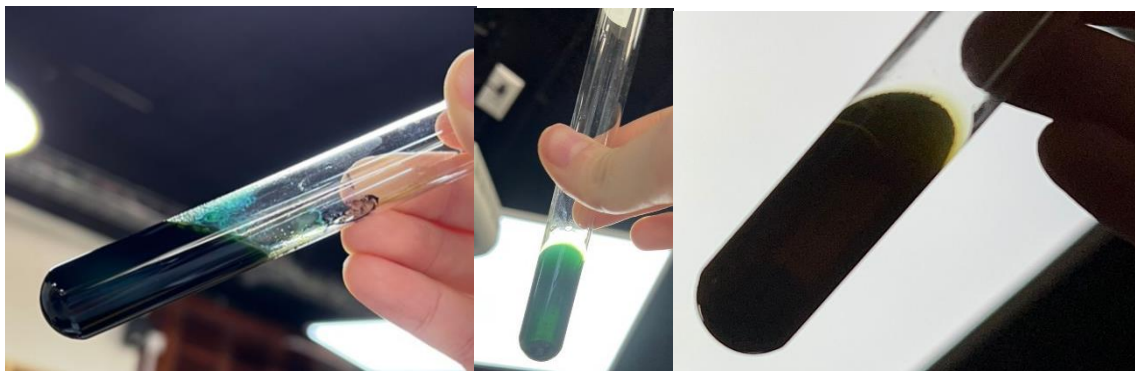


Figura 23 Prueba de Kedde para glicósidos cardiotónicos. Para cada uno de los extractos se realizó la prueba con una, dos y tres gotas de cada extracto mencionado.

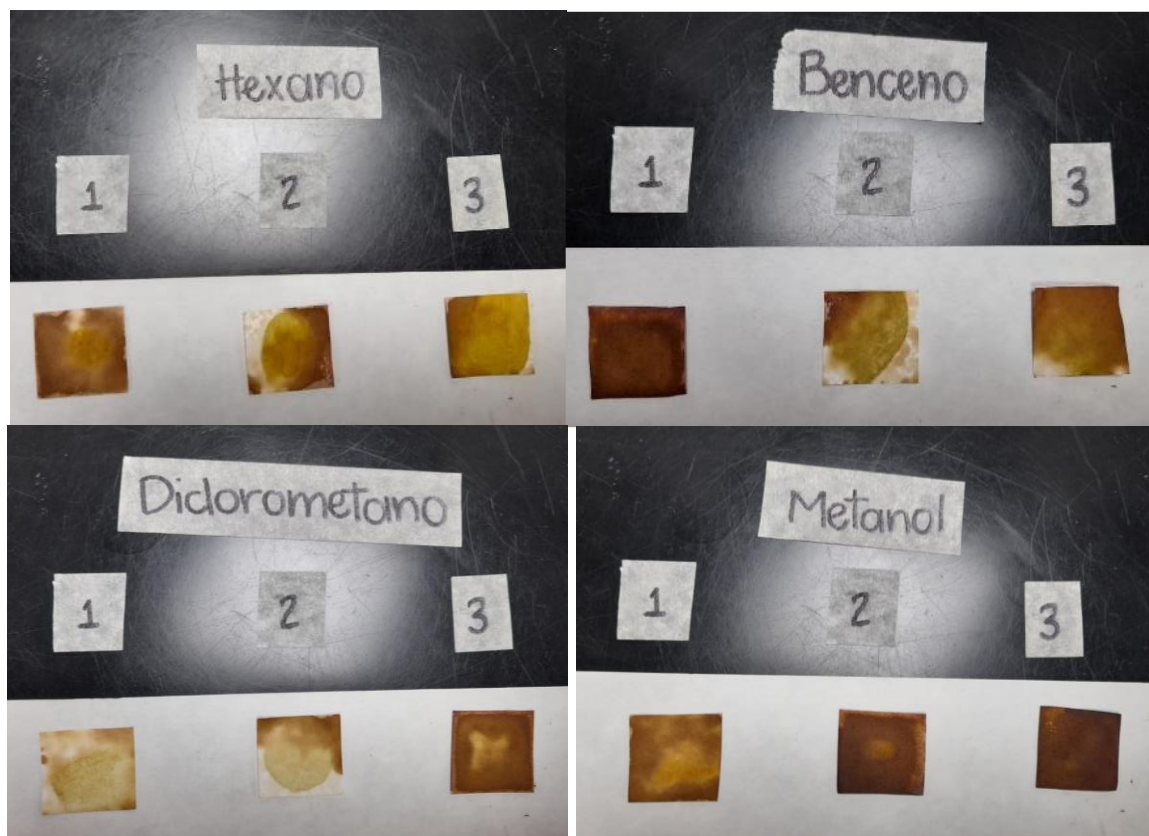


Figura 24 Prueba de Raymond para glicósidos cardiotónicos. De izquierda a derecha: 1) Arriba: extracto de hexano, benceno, 2) Abajo: diclorometano y metanol (El tubo ubicado en la izquierda de cada fotografía representa el blanco del extracto evaluado).

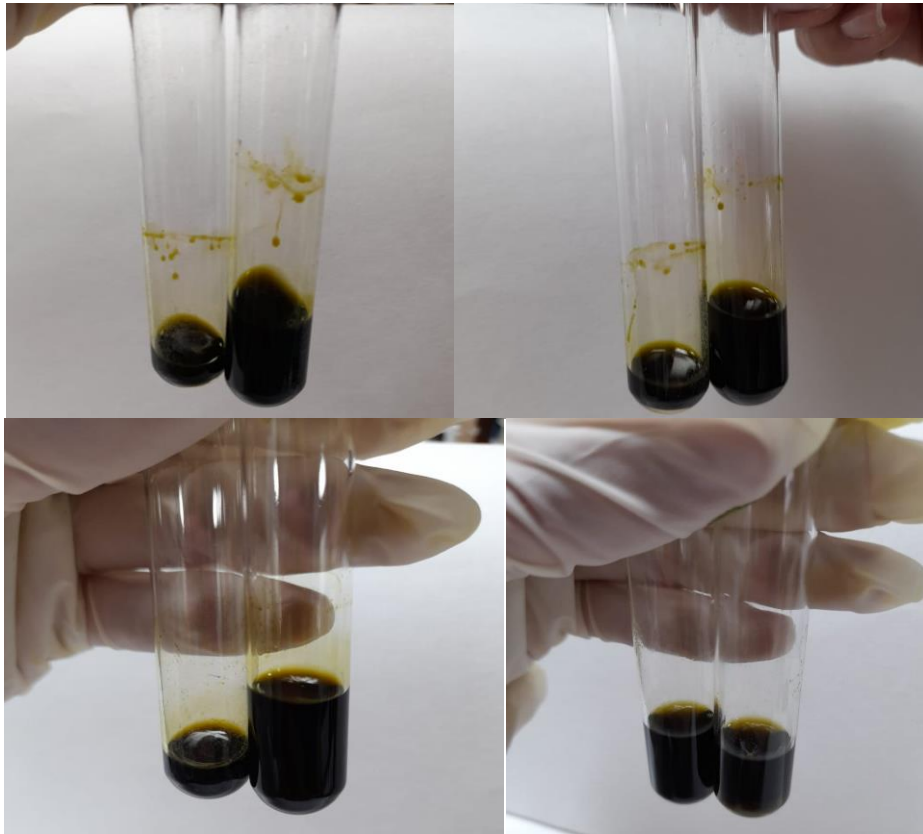


Figura 25 Prueba de Baljet para la identificación de glicósidos cardiotónicos en el extracto metanólico.



Figura 26 Pruebas cualitativas para la detección de flavonoides en extracto de benceno. Donde: 1) Blanco, 2) Prueba de Cianidina, 3) Prueba de Shinoda y 4) Prueba de ácido sulfúrico.

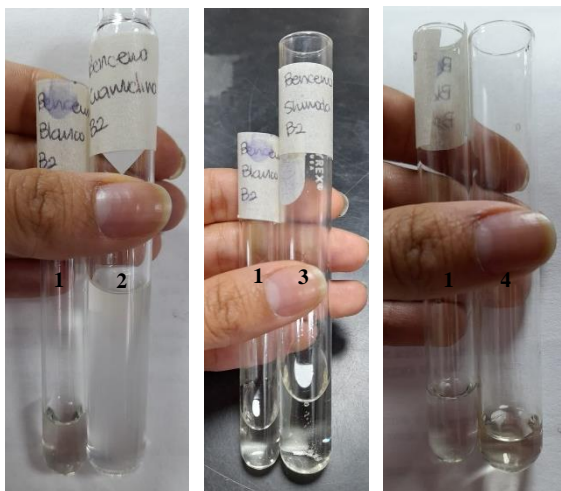


Figura 27 Pruebas cualitativas para la detección de flavonoides en extracto metanólico. Donde: 1) Blanco, 2) Prueba de Cianidina, 3) Prueba de Shinoda y 4) Prueba de ácido sulfúrico.



Figura 28 Pruebas cualitativas para la detección de alcaloides primarios, secundarios y terciarios. De izquierda a derecha: Blanco, prueba de Mayer, de Wagner y de Dragendorff.

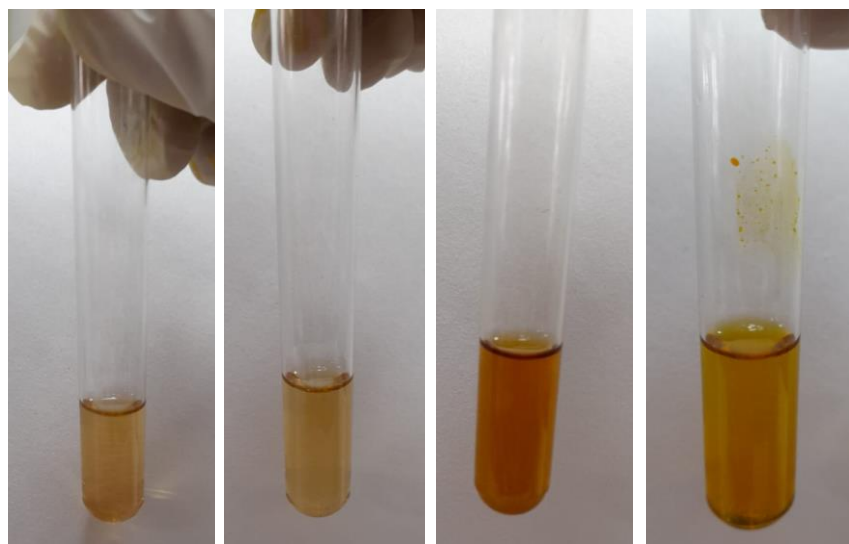


Figura 29 Pruebas cualitativas para la detección de alcaloides cuaternarios. De izquierda a derecha: Blanco, prueba de Mayer, de Wagner y de Dragendorff.

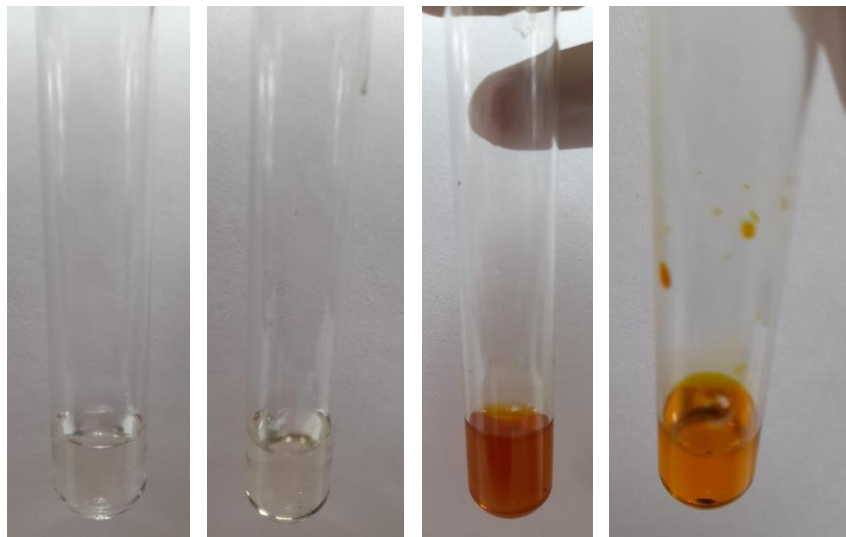


Figura 30 Certificado de identificación de *P. portobellensis* Beurl.



HERBARIO UVAL
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

18 Av. 11-95, Zona 15, V.H. III
Apartado Postal No. 82, 01901
Guatemala, Guatemala, C.A.

PBX: 2369-0791 al 95
2364-0336 al 40
2364-0492 al 97

Ext. 21530

Guatemala, 21 de octubre de 2022

A quien interese:

Por este medio hago constar que la identificación del siguiente espécimen ha sido realizada correctamente. Además, se ha asignado un número de registro y se ha depositado un *voucher* para futuras consultas en el Herbario UVAL. La identificación correcta del espécimen corresponde al siguiente proyecto de tesis:

"Caracterización fitoquímica de las hojas de *Peperomia portobellensis* Beurl. planta medicinal de importancia para terapeutas tradicionales del Consejo ACGERS utilizada en fitoterapia Maya-Q'eqchi'"

NO. DE REGISTRO	ESPECIE	FAMILIA
22,203	<i>Peperomia portobellensis</i> Beurl	Piperaceae

Para los usos que al interesado convenga se extiende el presente certificado de identificación.

MSc., MEd. Javier Aju
Coordinador Herbario UVAL
Instituto de Investigaciones
Universidad del Valle de Guatemala