



UNAP



**FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**

TESIS

DETERMINACIÓN DE METABOLITOS SECUNDARIOS DE *Solanum sessiliflorum*, *Capsicum annum* Y *Mansoa alliacea* POR MÉTODOS ESPECTROFOTOMÉTRICOS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
QUÍMICA FARMACEUTICA**

PRESENTAD POR:

LINDA ISABEL VILLASIS IPANAMA

ASESORES:

**Q.F. MARIO JAVIER DE LA CRUZ FLORES, Mtro.
Ing. DORA ENITH GARCÍA DE SOTERO, Dra.**

**IQUITOS, PERÚ
2022**

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°067-PCGT-FFyB-UNAP-2022/CONSTANCIA N°161-DINV-UNAP-2022

En el caserío de Nina Rumi, distrito de San Juan Bautista, departamento de Loreto, a los 07 días del mes de octubre de 2022, a horas 11:00, se dio inicio a la sustentación pública de Tesis titulada "DETERMINACIÓN DE METABOLITOS SECUNDARIOS DE *Solanum sessiliflorum*, *Capsicum annuum* Y *Mansoa alliacea* POR MÉTODOS ESPECTROFOTOMÉTRICOS", aprobada con Resolución Decanal N°222-2022-FFyB-UNAP, presentada por la bachiller: **Linda Isabel Villasis Ipanama**, para optar el Título Profesional de Química Farmacéutica que otorga la Universidad de acuerdo con Ley y Estatuto.

El jurado calificador y dictaminador designado mediante Resolución Decanal N°099-2022-FFyB-UNAP, está integrada por:

ING. REYNA GLADYS CÁRDENAS VDA. DE REÁTEGUI, Dra.	Presidente
Ing. CLETO JARA HERRERA, Mtro.	Miembro
Q.F. JOSÉ DANIEL TORRES TEJADA, Dr.	Miembro


Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: ADECUADAMENTE.

El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:


La sustentación pública de la tesis ha sido APROBADA con la calificación BUENA.

Estando el bachiller apta para obtener el Título Profesional de Química Farmacéutica.

Siendo las 11:40 se dio por terminado el acto ACADÉMICO.



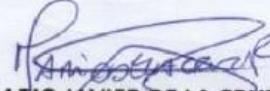
ING. REYNA GLADYS CÁRDENAS VDA. DE REÁTEGUI, Dra.
Presidente



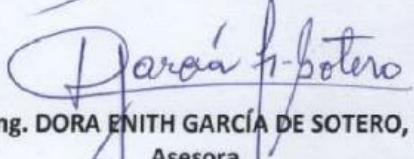
Ing. CLETO JARA HERRERA, Mtro.
Miembro



Q.F. JOSÉ DANIEL TORRES TEJADA, Dr.
Miembro



Q.F. MARIO JAVIER DE LA CRUZ FLORES, Mtro.
Asesor



Ing. DORA ENITH GARCÍA DE SOTERO, Dra.
Asesora

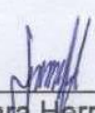
JURADO Y ASESORES



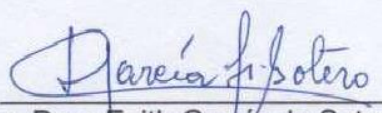
Ing. Reyna Gladys Cárdenas Vda. de Reátegui, Dra.
CIP N° 28912
Presidenta



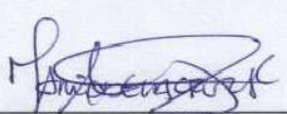
Q.F. José Daniel Torres Tejada, Dr.
CQFP N° 05857
Miembro



Ing. Cleto Jara Herrera, Mtro.
CIP N° 63042
Miembro



Ing. Dora Enith García de Sotero, Dra
CIP N° 21090
Asesora



Q.F. Mario Javier De la Cruz Flores, Mtro
CQFP N° 13374
Asesor

Nombre del usuario:
Universidad Nacional de la Amazonia Peruana

ID de Comprobación:
64137747

Fecha de comprobación:
23.03.2022 10:23:14 -05

Tipo de comprobación:
Doc vs Internet

Fecha del Informe:
23.03.2022 10:29:22 -05

ID de Usuario:
Ocultado por Ajustes de Privacidad

Nombre de archivo: TESIS RESUMEN LINDA ISABEL VILLASIS IPANAMA

Recuento de páginas: 34 Recuento de palabras: 7394 Recuento de caracteres: 48506 Tamaño de archivo: 1.04 MB ID de archivo: 75135988

30.4% de Coincidencias

La coincidencia más alta: 5.98% con la fuente de Internet (<https://es.scribd.com/document/49879126/Espectofotometria>)

30.4% Fuentes de Internet 603 Página 36

No se llevó a cabo la búsqueda en la Biblioteca

14.9% de Citas

Citas 36 Página 37

No se han encontrado referencias

0% de Exclusiones

No hay exclusiones

Modifind

Modificaciones del texto detectadas. Busque más detalles en el informe en línea.

Caracteres sustituidos 3

DEDICATORIA

Dedico esta tesis principalmente a Dios, por haberme permitido llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional, por su gracia, su favor y poder decir con toda seguridad que hasta aquí él ha sido fiel conmigo.

A mi madre, por su amor y apoyo incondicional siempre, por ser ese pilar tan importante en mi vida, por todo su esfuerzo para conmigo, gracias a ella soy lo que soy ahora, una mujer de bien.

A mi padre, por darme la vida, que de alguna u otra manera ha sido un apoyo importante para mí y lo sigue siendo.

A mis hermanos, por todo el cariño y el apoyo que me brindaron durante mi vida universitaria.

A mis Tíos Jorge y Elvira M., por ser unos segundos padres para mí, por apoyarme en todo tiempo, por ser una ayuda invaluable en mi vida, tanto moral como económicamente.

A mi primo Eliezer por ser mi soporte siempre, por su ayuda constante, por su paciencia, por su apoyo en tiempos difíciles y por creer en mí.

Linda Isabel.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón, por darme la sabiduría necesaria para seguir adelante, por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía hasta el día de hoy.

A mi familia por todo el esfuerzo que han realizado. Por el apoyo incondicional en mis estudios, por darme la fortaleza necesaria para seguir en pie y poder culminar mis estudios.

A las personas que me han brindado su ayuda durante mi vida estudiantil, por su colaboración, ya sea moral o económicamente; por sus ánimos a seguir estudiando y llegar a cumplir mi objetivo de ser un profesional.

A nuestros asesores, Q.F Mario Javier De la Cruz Flores, Mtro. e Ing. Dora Enith García de Sotero, Dra., por la paciencia, por la dedicación y sobre todo por compartir sus conocimientos, que de una u otra forma colaboraron y participaron en la realización de mi tesis, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

Portada	
i	
Acta de sustentación	ii
Jurado y Asesores	iii
Resultado del informe de solicitud	
iv	
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vii
Índice del contenido	vii
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	ix
Resumen	x
Abstract	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Bases teóricas	4
1.3. Definición de términos básicos	18
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	20
2.1. Formulación de hipótesis	20
2.2. Variables y su operacionalización	20
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	22
3.1. Diseño metodológico	22
3.2. Diseño muestral	22
3.3. Procedimientos de recolección de datos	22
3.4. Procesamiento y análisis de la información	25
3.5. Aspectos éticos	25
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	26
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	30
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	31
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES	32
CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN	32
ANEXOS	37
Anexo 1. Constancia de certificación de la especie vegetal	38

Anexo 2. Análisis de compuestos fenólicos en el laboratorio	39
Anexo 3. Análisis de alcaloides en el laboratorio	40
Anexo 4. Análisis de saponinas en el laboratorio	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades organolépticas atribuidas a compuestos fenólicos	13
Tabla 2. Espectrofotometría UV-Vis (región visible)	17
Tabla 3. Compuestos fenólicos presentes en <i>S. sessiliflorum</i> , <i>C. annuum</i> y <i>Mansoa alliacea</i>	26
Tabla 4. Descriptivos de los grupos de estudio – compuestos fenólicos	27
Tabla 5. Comparaciones múltiples entre los grupos de estudio – compuestos fenólicos	28
Tabla 6. Contenido de alcaloides presentes en órganos de cada una de las especies vegetales	29
Tabla 7. Contenido de saponinas presentes en cada una de las especies vegetales evaluados	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Eventos en los que los metabolitos secundarios se inducen durante el mecanismo de respuesta de defensa de las plantas	10
Figura 2. Ejemplos de estructuras de compuestos fenólicos	12
Figura 3. Diagrama de niveles de energía en una molécula	15
Figura 4. Espectro electromagnético	16

RESUMEN

La Amazonía peruana continúa generando un gran aporte de especies vegetales con bondades etnomedicinales; es por esa razón, que el presente trabajo tuvo como objetivo determinar polifenoles totales, saponinas y alcaloides de la cáscara del fruto de *Solanum sessiliflorum*, fruto de *Capsicum annuum* y hojas de *Mansoa alliacea*, mediante la aplicación de métodos espectrofotométricos. Los valores obtenidos para compuestos fenólicos son más representativos en frutos de *S. sessiliflorum* (cáscara) que obtuvo mayores resultados 24916,833 mg/100 g para fenoles totales, flavonoides 45,738 mg/100 g, antocianinas 15,017 mg/100 g y catequinas un valor de 0,004 mg/100 g. En alcaloides, *S. sessiliflorum* presentó 33,90 mg/100 g, el fruto de *C. annuum* un 20,32 mg/100 g y las hojas de *M. alliacea* un 17,34 mg/100g. Para saponinas, *S. sessiliflorum* obtuvo 161,40 mg/100 g, *C. annuum* 51,75 mg/100 g y *M. alliacea* 116,12 mg/100 g; concluyendo así que *S. sessiliflorum* es la especie vegetal más representativa en cuantificación de metabolitos secundarios.

Palabras clave: Tamizaje fitoquímico, compuestos fenólicos, saponinas, alcaloides. *Solanum sessiliflorum*, *Capsicum annuum*, *Mansoa alliacea*.

ABSTRACT

The Peruvian Amazon continues to generate a great contribution of plant species with ethnomedicinal benefits; it is for this reason that the objective of this study was to determine total polyphenols, saponins and alkaloids from the peel of *Solanum sessiliflorum* fruit, *Capsicum annuum* fruit and *Mansoa alliacea* leaves, by applying spectrophotometric methods. The values obtained for phenolic compounds are more representative in fruits of *S. sessiliflorum* (peel) that obtained higher results 24916.833 mg/100g for total phenols, flavonoids 45.738 mg/100g, anthocyanins 15.017 mg/100g and catechins a value of 0.004 mg/100g. In alkaloids, *S. sessiliflorum* presented 33.90 mg/100g, the fruit of *C. annuum* 20.32 mg/100g and the leaves of *M. alliacea* 17.34 mg/100g. For saponins, *S. sessiliflorum* obtained 161.40 mg/100g, *C. annuum* 51.75 mg/100g and *M. alliacea* 116.12 mg/100g; thus concluding that *S. sessiliflorum* is the most representative plant species in quantification of secondary metabolites.

Key words: Phytochemical screening, phenolic compounds, saponins, alkaloids *Solanum sessiliflorum*, *Capsicum annuum*, *Mansoa alliacea*.

INTRODUCCIÓN

Las plantas producen una amplia gama de compuestos químicos que les permiten interactuar con el medio ambiente, representando así una reserva importante de nuevas moléculas. Se ha determinado que alrededor de 2 000 especies de plantas tienen metabolitos con actividades antibacterianas, antioxidantes y antiinflamatorias que se usan regularmente. Sin embargo, se considera que solamente del 20 al 30% se han investigado y muchas de estas investigaciones no están completas y frecuentemente los procedimientos de los ensayos biológicos empleados tampoco están completos (1).

Las plantas asignan cantidades significativas de carbono asimilado y de la energía, a la síntesis de una amplia variedad de moléculas orgánicas que no tienen una función directa en los procesos fotosintéticos, respiratorios, asimilación de nutrientes, transporte de solutos o síntesis de proteínas, carbohidratos o lípidos y que se denominan metabolitos secundarios (2).

A pesar de la existencia de múltiples tratamientos farmacológicos para el tratamiento de afecciones de las personas, se hace necesario buscar nuevas fuentes alternativas de tratamiento natural y seguro contra las enfermedades. Muchos de los medicamentos se usan por periodos prolongados, lo que podría desencadenar en la aparición de reacciones adversas medicamentosas, perjudicando así la salud del paciente. Estas incidencias afectan entre el 0,7% al 35% de la población en general y son motivo de ingresos a hospitales en hasta un 8% de los casos (3). Pero, a fin de optar por un tratamiento eficaz en mérito a productos naturales, es de fundamental relevancia el conocimiento de los principales fitoconstituyentes: compuestos fenólicos, saponinas, alcaloides, entre otros, que se pueden encontrar en diversas plantas.

Solanum sessiliflorum Dunal (cocona) es una especie originaria de América tropical, se distribuye en países de la cuenca amazónica como Colombia, Venezuela, Brasil y Perú (en esta última se cultiva en los Departamentos de San Martín, Loreto, Ucayali Huánuco, Pasco, Junín y Ayacucho). Ha sido y es objeto de muchos estudios por diferentes investigadores (4-6) por su gran riqueza

nutritiva y energética que posee; sin embargo, no existe en la bibliografía nacional e internacional trabajos científicos relacionados con sus posibles efectos hipoglicemiantes e hipolipemiantes, entre otros.

Asimismo, cabe resaltar que los frutos de *Capsicum annuum* se utilizan con fines analgésicos, antipiréticos, antiartríticos, antiespasmódicos y antisépticos; sus aplicaciones médicas han sido reconocidas en diversas regiones como India, América y China (7).

Es por ello que, la presente investigación buscó determinar los metabolitos secundarios de *Solanum sessiliflorum*, *Capsicum annuum* y *Mansoa alliacea* por métodos espectrofotométricos, ya que son especies vegetales usadas como parte de medicina tradicional en la Región Loreto, las que también podrían ser estudiadas como responsables de diversos efectos terapéuticos y contra diversas enfermedades.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

En el 2017 (**Villalba, M. et al.**), determinaron presencia de capsaicina en *Capsicum frutescens* por Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC-PDA). En la identificación compararon los tiempos de retención de la oleorresina con un estándar de capsaicina y la cuantificación por medio de una curva de adición estándar, mostrando un tiempo de retención de 0,997 minutos y una fuerte absorción a una longitud de onda de 280 nm. El trabajo concluyó que el método desarrollado permite separar y cuantificar capsaicina; logrando así aprovechar su uso comercial en la industria alimentaria y farmacológica (8).

En el 2017 (**Pires, F. et al.**), estudiaron las especies vegetales *Conarus perrottetti* var. *angustifolius*, *Cecropia obtusa*, *Cecropia palmata* y *Mansoa alliacea* en análisis cualitativo y cuantitativo de contenido fenólico basados en HPLC-DAD y UHPLC-ESI-MS / MS, a partir de extractos hidroalcohólicos de butano y acetato de etilo. La investigación reveló presencia de catequina, ácido gálico, ácido cafeico, ácido ferúlico, quercitrina, rutina y resveratrol. El trabajo concluyó que *C. perrottetti* mostró mayor diversidad de polifenoles; *M. alliacea* tuvo mayor concentración de ácido cafeico: la catequina fue el principal antioxidante, pero no fue detectada en *M. alliacea* (9).

En el 2014 (**Tighe, R. et al.**), investigaron el efecto del extracto acuoso de *Urtica dioica* L.(ortiga) y *Ulex europaeus* L., en parámetros de desarrollo en ají (*Capsicum annuum* L. var Longum cv. “cacho de cabra”), así como el contenido de polifenoles en hoja y fruto. El estudio determinó que los polifenoles en hojas y frutos fue mayor en los extractos botánicos y menor en el testigo ($p > 0,05$); en frutos *U. europaeus* presentó valores mayores ($p \leq 0,05$) que los demás tratamientos incluido el testigo. El trabajo concluyó en un aumento de la concentración endógena de polifenoles totales, de los cuales existen antecedentes en *C. annuum* (10).

En el 2014 (**Soto, M.**), realizó el tamizaje fitoquímico de hojas, flores y frutos de *Solanum multifidum* Lam. y *Lycianthes lycioides* (L.) Hassl. en La Libertad - Perú, en extracción sucesiva con solventes de polaridad ascendente (éter etílico, etanol y agua) e identificación del tipo cualitativo con reactivos de coloración y precipitación. Ambas especies mostraron una alta diversidad de alcaloides, compuestos fenólicos, flavonoides, catequinas, antocianidinas, taninos, triterpenos y esteroides, azúcares reductores, aceites y grasas, aminoácidos, saponinas sólo en hojas y flores de ambas especies, además de lactonas y cumarinas. El trabajo concluyó que sólo fueron encontradas en los tres órganos de la especie de *S. multifidum* Lam (11).

1.2. Bases teóricas

1.2.1 Especies en estudio

A) *Solanum sessiliflorum* (cocona)

Identificación taxonómica

Reino	:	Plantae
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Equisetopsida C. Agardh
Orden	:	Solanales Juss. Ex Bercht. & J. Presl
Familia	:	Solanaceae Juss
Género	:	Solanum
Especie	:	<i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal (12).

Distribución: Antioquia, Ecuador, Bolivia, Nicaragua, Perú, Panamá, selva central del Perú (12).

Nombre común: cocona.

Descripción botánica: árbol de rápido crecimiento, primero herbáceo, luego semileñoso. Tiene una altura de 80 cm a 2 m. Tallos cilíndricos con pubescencia dura y grisácea, ramificados cerca del suelo, ramas robustas y hojas simples, alternas, de 30 cm x 26 cm, margen ondeado o serradas con cara superior cubierta de pelusa dura y

blancuzca. La inflorescencia es axilar en racimos. Sus flores son más grandes que un tubérculo de patata de 4 a 5 cm de diámetro, con cáliz de cinco sépalos duros, triangulares; corola con cinco pétalos de color blancuzco o amarillento a verde claro.

El fruto varía de forma casi esférico u ovoide a ovalado, de 4 a 12 cm de ancho y de 3 a 6 cm de largo, peso entre 24 y 250 g, color desde amarillo hasta rojizo. La cáscara es lisa y rodea la pulpa, gruesa, amarilla y acuosa. Parece un tomate redondo estándar o un pimiento picante. Algunos estudios han demostrado que comerlas o beber su jugo regularmente reduce el colesterol, al igual que las naranjas, pero con un efecto más pronunciado (13).

Usos: en la producción de jugo y néctar, pero también tiene un gran potencial para su uso en la preparación de ensaladas. Puede ser considerado el tomate de la Amazonía; preparado con ají es muy agradable y puede usarse en ensaladas o como complemento de platos típicos de la selva peruana, como el tacacho con cecina (14). Por otra parte, se puede utilizar en la elaboración de encurtidos, compotas dulces como si fuera durazno, así como en mermeladas y jaleas.

Los frutos son perecederos. Se pueden almacenar a temperatura ambiente, bien ventilados y a la sombra hasta por 5 días, después de lo cual comienzan a deteriorarse. La pulpa se puede almacenar durante mucho tiempo en el refrigerador. La cocona es rica en hierro y vitamina B5 (ácido pantoténico); el volumen del jugo es de hasta 36 cm³/fruto y el grado Brix de 4 a 6 (13).

B. *Capsicum annum* “ají dulce”

Identificación taxonómica

Reino : Plantae
División : Magnoliophyta
Clase : Magnoliopsida
Orden : Solanales Juss. Ex Bercht. & J. Presl

Familia : Solanaceae Juss
Género : *Capsicum*
Especie : *Capsicum annuum* L. (15)

Origen: El género *Capsicum* está compuesto por más de 25 especies, domesticadas desde la antigüedad en América central y del Sur. Los llamados “ajíes” son originarios de la región andina, destacando en la Selva, Alto Perú y actualmente Bolivia; desde entonces se han dispersado por todo el continente por intermedio de aves que, al comer los frutos, dispersaban las semillas mediante sus excreciones (16).

Descripción botánica: son plantas anuales, con tallos erectos, herbáceos y ramificados de color verde oscuro. Asimismo, tienen hojas aplanadas y simples, lanceoladas u ovaladas. Sus flores suelen tener cinco sépalos, pétalos, estambres y pistilo. Los pétalos, los estambres y el pistilo pueden ser de color blanco, blanco verdoso, amarillo verdoso y morado; se forman en las axilas de las ramas. El color varía según la especie y la variedad. El medio radicular alcanza una profundidad de 30 a 60 cm y se extiende hasta unos 30 a 50 cm del soporte; sin embargo, la totalidad de las raíces está a una hondura de 5 a 40 cm. La altura media de la planta es de 60 cm, pero esta varía según el cultivo. El fruto es una baya que varía en color y forma según su variedad. Del intrínseco cóncavo, presenta de dos a cuatro costillas que dividen el interior del fruto, estas costillas sirven asimismo de sostén de las semillas, que habitualmente son de tonalidad amarillo pálido (16).

Usos tradicionales: el género *Capsicum* incluye especies y variedades comúnmente utilizadas en alimentos populares y en el arte culinario. La variedad picante se utiliza fresca (ya sea verde o maduro), en encurtidos, secos (enteros o convertidos en cenizas) o como especia industrializada. Las variedades dulces (no picantes) se utilizan verdes como verdura, se comen cocidas, frescas, en encurtidos, asadas y cocinadas de diversas formas, secos, en polvo (17).

En la industria agrícola se utiliza la oleorresina de *Capsicum*, extracto de particularidad oleosa, que provee compuestos aromáticos,

pungentes y carotenoides, obtenidos de la separación de los ajíes deshidratados con solventes orgánicos (hexano, acetato de etilo o acetona); asimismo se puede utilizar a bajas temperaturas con dióxido de carbono supercrítico (ScCO₂) que muestran resultados crecientemente satisfactorios en cuanto a pureza, integridad de los carotenoides y separación de los mismos de la oleorresina. Están compuestas en su conjunto por la capsaicina, dihidrocapsaicina, capsantina y capsorrubina; las dos primeras resultan responsables de la pungencia y las otras dos de color anaranjado o rojizo de los frutos, y en mínima cantidad de compuestos volátiles, debido a la merma producida en el tiempo de la separación. Las oleorresinas de *Capsicum* picantes se extraen especialmente de variedades de *C. annum* y se usan como aditivos en la preparación cárnica, picadillos, cerdo ahumado, sopas deshidratadas, salsas y bebidas gaseosas (17).

En medicina se utilizan para calmar y suplir problemas como tos, resfríos, bronquitis, asma, gargantas irritadas y congestionadas, Se usan como enjuagues bucales o infusiones de ajíes macerados o de hojas del vegetal. En cenizas se usan para picaduras de insectos, para eliminar los ácaros y los piojos. Incluso se usa para el desvanecimiento debido al soroche, frotando ají tostado en la frente. El ají también beneficia a la producción de bilis y es de gran beneficio para personas estreñidas. Elimina las molestias en los oídos provocadas por el frío o el viento y elimina el dolor de muelas. En forma de emplastos y parches, combate enfermedades reumáticas y musculares. Las semillas se utilizan como analgésico en dientes cariados (17).

C. *Mansoa alliacea* (ajos sacha)

Identificación taxonómica

Reino : Plantae
División : Magnoliophyta
Clase : Equisetopsida C. Agardh
Orden : Lamiales Bromhead
Familia : Bignoniaceae Juss.

Género : *Mansoa* DC.

Especie : *Mansoa alliacea* (Lam) A.H. Gentry (18)

Descripción general: es un arbusto de hoja perenne, que vive durante 2 años o más. Generalmente florece y genera semillas más de una vez en su historia. Sus hojas no caen durante un año (19).

Es originaria de las selvas amazónicas y costas de América, conocida científicamente como *Mansoa alliacea* y comúnmente conocida como “ajos sacha” o “sacha ajo”. En la amazonia se la conoce como “ajo falso” por su fuerte olor a ajo y al sabor de las hojas cuando se pican o trituran. Sus hojas se utilizan como especia o condimento por sus propiedades organolépticas.

En la Costa, el “ajo sacha” se conoce como “sha senco” o “ajo sacha”. Los miembros de la comunidad tsáchilas utilizan sus hojas para las curaciones shamánicas y sus raíces como especia en platos típicos como ayampaco, maito, chiachiano, tilapia, asado, ahumado, guaña, costilla y guanta (19).

Esta planta se puede considerar un arbusto semitrepador, de unos 2,50 m. de altura. Tiene estípulas pequeñas (estructuras laminares se forman en la hoja), aplanadas y cónicas; sus hojas son bifoliadas (hojas ovaladas) con zarsillo trífico (cicatriz de zarcillo). Las elípticas miden entre 5 y 25 cm de largo por 2 a 18 cm de ancho; su ápice es agudo u obtuso, su base tiene forma de cuña.

Las inflorescencias son axiales y se presentan en racimos, la corola es tubular acampanada de 6 a 9 cm de largo, de color violeta, cáliz copular de 5 cm a 6 cm, su fruto es en forma de cápsula lineal de superficie lisa. El ajo de monte tiene hojas de color verde brillante y sus flores muestran un color blanco a violeta, por lo que puede utilizarse como planta ornamental (20).

Distribución geográfica: se encuentra en estado silvestre en bosques primarios húmedos o secos en las tierras bajas de Brasil, Ecuador y Costa Rica. Se distribuye en todas las áreas de la

Amazonía y no crece en áreas inundables o cerca de cuerpos de agua como lagunas, arroyos, ríos, pantanos, etc. En Perú, el “ajo sachá” se encuentra alrededor de los ríos Amazonas, Napo, Padre Cocha, Llapacha. Además, comparte su hábitat con el cedro (*Cedrela odorata*), sangre de gallina (*Virola sefibera*), uña de gato (*Uncaria tomentosa*).

Composición química: El “ajo sachá” contiene varios compuestos azufrados como la aliina y la alicina, que son los responsables del olor y sabor característicos del *Allium sphaerocephalon*, y en la comida clásica tsáchila. Las hojas y las flores contienen conocidas sustancias antiinflamatorias y antibacterianas, como beta-sitosterol, estigmasterol, daucosterol y fucosterol. Otras sustancias químicas del ajo son carbohidratos, proteínas, alcaloides, flavonas, saponinas, sulfuro de dimetil, sulfuro de divinilo, vitaminas C y E, que actúan como antioxidantes; y componentes básicos funcionales como el selenio y el cromo. Sus propiedades antiinflamatorias y antibacterianas se atribuyen a los n-alcanos C₂₉, C₃₁ y C₃₃, al estigmasterol, al beta-sitosterol, al daucosterol y al fucosterol (21).

1.2.2 Metabolitos secundarios

Compuestos químicos sintetizados a partir de excedentes del metabolismo primario. Participan de forma directa en el incremento y supervivencia de las plantas; sin embargo, los metabolitos secundarios como por ejemplo: terpenos, fenoles y alcaloides, trabajan como mediadores (aleloquímicos), interviniendo en las funcionalidades de la planta o de los organismos con los que interacciona; es decir, participan en las respuestas a incontables cambiantes. Dependiendo del tipo de relación que se presente, los metabolitos secundarios tienen la posibilidad de actuar como fitoalexinas (como ejemplificando contra microorganismos que les ocasiona enfermedades), matando o retardando el incremento de otras plantas o como antialimentarios hacia herbívoros (22).

Asimismo, los metabolitos secundarios son compuestos de bajo peso molecular, los que no sólo poseen una enorme trascendencia ecológica, sino que participan en los procesos de habituación de las plantas a su ambiente, como es el establecimiento de la simbiosis con otros organismos, así como en la atracción de insectos polinizadores y dispersores de semillas y frutos. Además, una síntesis activa de los mismos se induce una vez que las plantas son expuestas a condiciones adversas, tales como:

- a) el consumo por herbívoros (artrópodos y vertebrados).
- b) el ataque por microorganismos: virus, bacterias y hongos.
- c) la competencia por el espacio de suelo, la luz y los nutrientes entre las distintas especies de plantas.
- d) la exposición a la luz solar y otros tipos de estrés abiótico.

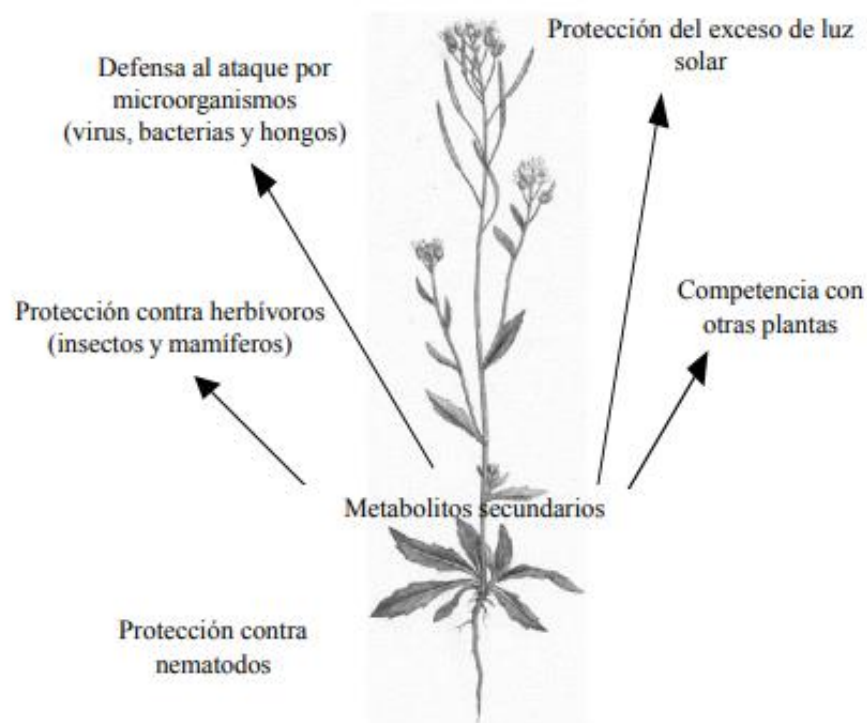


Figura 1. Eventos en los que los metabolitos secundarios se inducen durante el mecanismo de respuesta de defensa de las plantas

Fuente: <https://www.semanticscholar.org/paper/La-Participaci%C3%B3n-de-los-Metabolitos-Secundarios-en-Jim%C3%A9nez-Ducong/7cacbb415db2e3bbe5b1c1c53e751794072e5b9c>

A. Características generales que presentan los metabolitos secundarios

En la actualidad, se conocen un aproximado de 20,000 estructuras referidas a metabolitos secundarios que según su estructura química son clasificados en dos conjuntos principales: nitrogenados y no nitrogenados. Los metabolitos secundarios que contienen nitrógeno, integran: alcaloides, aminas, aminoácidos no protéicos, glucósidos cianogénicos y glucosinolatos. En cambio, los no nitrogenados se dividen en: poliacetilenos, terpenoides, policétidos y fenilpropanoides.

La diversidad estructural dentro de un mismo conjunto de metabolitos secundarios se produce por cambios químicos de su composición elemental, desencadenados por reacciones químicas: hidroxilación, metilación, malonilación, epoxidación, esterificación y glucosilación (23). Esta variación conduce a diferentes perfiles metabólicos entre especies, entre miembros de poblaciones y entre diferentes órganos vegetales, lo que es parte de su estrategia adaptativa. Los precursores para la biosíntesis de metabolitos secundarios provienen de vías metabólicas primarias, como el ciclo de Krebs o las vías del shikimato y la glucólisis. Esta síntesis depende directamente de la etapa de desarrollo de la planta; sus niveles conformacionales sólo se incrementan como parte de una respuesta al estrés biótico o abiótico.

B. Clases principales de Metabolitos secundarios

Se agrupan en cuatro clases principales:

1. Terpenos: donde destacan pigmentos, hormonas o aceites esenciales.
2. Compuestos fenólicos: cumarinas, lignina, flavonoides y taninos.
3. Glicósidos: saponinas, glicósidos cianogénicos, glicósidos cardiacos y glucosinolatos.
4. Alcaloides.

Compuestos fenólicos: abarca todas aquellas sustancias que poseen varias funciones fenol, cuyo nombre común hace referencia al hidroxibenceno, unidas a estructuras aromáticas y/o alifáticas (24).

Los compuestos fenólicos se originan en el reino vegetal y constituyen unos de los primordiales metabolitos secundarios presentes en las plantas, su presencia en el reino animal se debería a la ingestión de estas. Los fenoles son sintetizados de nuevo por las plantas y son regulados genéticamente: tanto cualitativo como cuantitativo, aunque a este nivel también existen factores ambientales; actúan como fitoalexinas (las plantas heridas secretan fenoles para defenderse de posibles ataques fúngicos o bacterianos) y contribuyen a la pigmentación de muchas partes de la planta (por ejemplo: los antocianos son los responsables del color anaranjado, azul, rojo, púrpura o violeta que se encuentran en las cáscaras de las frutas y hortalizas)(24).

Asimismo, cuando los fenoles son oxidados, dan lugar a las quinonas que dan un color pardo muchas veces indeseable. Los fenoles tienen la posibilidad de encontrarlos en casi todos los alimentos de procedencia vegetal; influyen en la aceptabilidad, calidad y seguridad de los alimentos, debido a que trabajan como antioxidantes, colorantes y saborizantes.

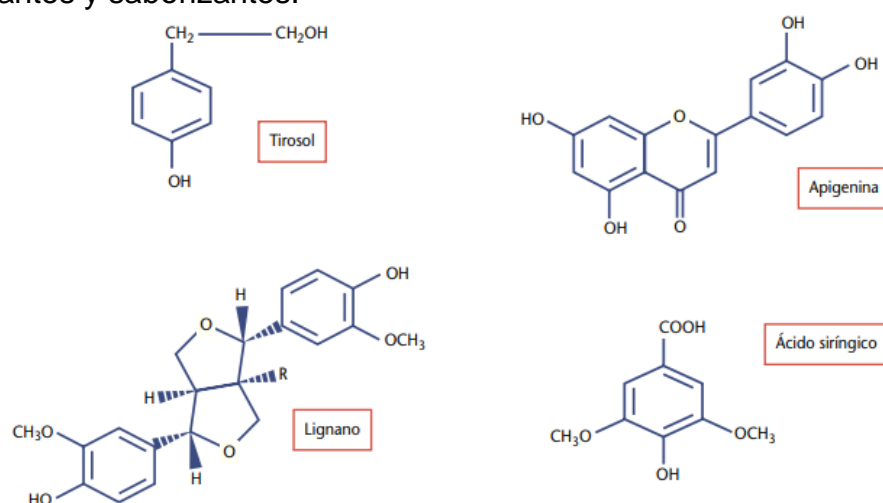


Figura 2. Ejemplos de estructuras de compuestos fenólicos

En la actualidad existe un gran interés en la investigación de los polifenoles debido a su capacidad antioxidante, tanto como captadores de radicales libres o como quelantes de metales. Estas características antioxidantes constituyen la razón de sus probables repercusiones en la salud humana, como: prevención del cáncer, de las patologías cardiovasculares o inclusive de patologías neurodegenerativas como por ejemplo Alzheimer; además hay sustancias con actividad estrogénica (fitoestrógenos) entre las que resaltan: isoflavonas, lignanos y el estilbeno resveratrol; y, otras con características antimicrobianas (24). Los compuestos fenólicos como las catequinas tienen aplicaciones como prevención de la oxidación de alimentos, astringencia, reacción con metales y proteínas, síntesis de derivados con aplicaciones farmacéuticas, actividad antimicrobiana y beneficios varios en medicina (baja colesterol, antialérgico, entre otros)(24).

Tabla 1. Propiedades organolépticas atribuidas a los compuestos fenólicos

Color	Como las antocianidinas, responsables de los tonos rojos, azules y violáceos de muchas frutas, hortalizas y derivados: fresas, ciruelas, uvas, berenjena, col lombarda, rábano, vino tinto, etc.
Sabor amargo	Como las flavanonas de los cítricos (naringina del pomelo, neohesperidina de la naranja) o la oleuropeína en las aceitunas
Astringencia	Como las proantocianidinas (taninos condensados) y los taninos hidrolizables, por ejemplo, en el vino
Aroma	Fenoles simples como el eugenol en los plátanos

Saponinas: Son glicósidos hidrosolubles que presentan propiedades tensoactivas, hemolíticas, ambas atribuidas a sus características estructurales de naturaleza anfifílica. Tienen la posibilidad de ejercer una vasta actividad farmacológica y biológica, siendo fundamental

resaltar su impacto insecticida, piscicida, antiinflamatorio, anti-protocoo, leishmanicida, anti-agregante plaquetario, trichomonocida, broncolítico, hipo-colesterolémico (25,26); además de tener actividad citotóxica ante numerosas neoplasias (27-30).

Las características deterativas de las saponinas, favorecen la utilización de las especies que las tienen dentro; además le confieren una actividad biológica vinculada a su toxicidad (31) llamada actividad hemolítica. Algunos autores señalan que son capaces de formar complejos con los esteroides de la membrana celular de los eritrocitos y producto de ello, ocurre un aumento de la permeabilidad celular, continuo de la ruptura de la membrana del eritrocito y la pérdida o liberación de la hemoglobina (32-34).

Alcaloides: son considerados compuestos orgánicos de origen vegetal, cuentan con propiedades terapéuticas importantes a dosis bajas (35). Se dividen en:

- a) Alcaloides verdaderos (mayormente tienen dentro un nitrógeno intracíclico, derivan de los aminoácidos, muestran carácter elemental, de repartición restringida).
- b) Protoalcaloides (son aminas primordiales con nitrógeno extracíclico, de carácter fundamental y son productos del metabolismo de los aminoácidos).
- c) Pseudoalcaloides (no derivan de los aminoácidos).
- d) Alcaloides imperfectos (derivados de bases púricas, no precipitan con reactivos específicos para alcaloides).

1.2.3 Técnicas de espectrofotometría UV-Vis

Las técnicas de espectrofotometría de absorción molecular, sea en la región UV (ultravioleta) o VIS (visible), es una de las más utilizadas en química analítica. Si la zona del espectro de trabajo es el visible, es conocida también como colorimetría, que constituye una buena opción para analizar muchas especies orgánicas o inorgánicas (36).

Las técnicas de espectroscopía se basan en la función de las moléculas para absorber radiaciones, entre ellas las radiaciones dentro del espectro UV visible. Las longitudes de onda de las radiaciones que una molécula podría absorber y la eficiencia con la que se absorben, dependen sólo de las condiciones del medio: temperatura, pH, constante dieléctrica, fuerza iónica; y, de su composición atómica, por lo que esta técnica constituye un importante instrumento para la determinación y caracterización de biomoléculas.

A modo de energía interna, las moléculas tienen la posibilidad de absorber energía luminosa y almacenarla. Dicha acción, permite poner en funcionamiento ciclos vitales como: la fotosíntesis en plantas y bacterias. Una vez que la luz (referida a energía) es absorbida por una molécula, se origina un salto a partir de un estado energético importante o basal (E_1), a un estado de más grande energía o estado excitado, (E_2). Y sólo se absorberá la energía que permita el salto al estado excitado (36).

Cada molécula presenta una serie de bandas (o estados excitados) que la distingue de las demás moléculas. Como resultado, la absorción que a diversas longitudes de onda muestra una molécula - esto es, su espectro de absorción constituye una señal de identidad de la misma. Al final, la molécula en forma excitada libera la energía absorbida hasta el estado energético importante.

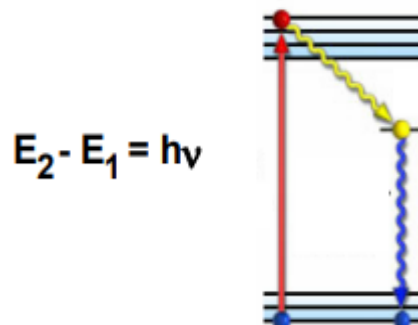


Figura 3. Diagrama de niveles de energía en una molécula

Fuente: <https://slideplayer.es/slide/10937439/>

En espectroscopía, el término luz se aplica a la forma visible de radiación electromagnética, a las formas UV e IR, que son invisibles. Asimismo, en espectrofotometría de absorbancia se utilizan las regiones del ultravioleta (UV cercano, de 195-400 nm) y el visible (400 a 780 nm).

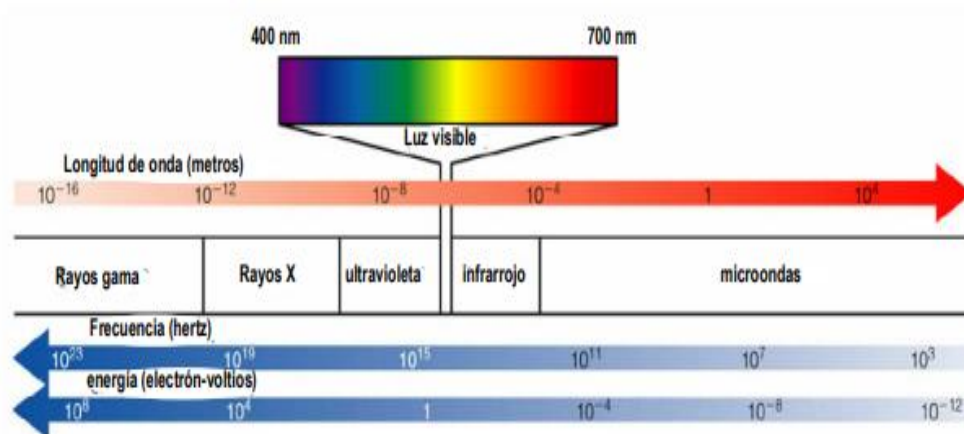


Figura 4. Espectro electromagnético

Fuente: https://www.freepik.es/vector-premium/diagrama-luz-visible-espectro-electromagnetico-color-frecuencia-onda-luz_6625300.htm

La zona UV, está determinada como el rango de longitudes de onda de 195 a 400 nm, siendo una zona de energía bastante alta. Los compuestos con dobles enlaces aislados, triples enlaces, sistemas aromáticos, enlaces peptídicos entre otros heteroátomos tienen su máxima absorbancia en la región UV, por lo que esta se considera importante en la determinación cualitativa y cuantitativa de los compuestos orgánicos (36).

Diversos factores, entre los que destacan: concentración de sal, pH y el disolvente; las mismas que alteran la carga de las moléculas, provocan desplazamientos de los espectros UV. La fuente de radiación ultravioleta es una lámpara de deuterio.

En la zona visible se aprecia el color visible de una solución y esta corresponde a las longitudes de onda de luz que transmite y no que absorbe; debido a que el color que absorbe es el complementario del color que transmite. Debido a lo cual, para hacer mediciones de

absorción se necesita utilizar la longitud de onda en la que la solución coloreada absorbe luz (36).

La fuente de radiación visible suele ser una lámpara de tungsteno y no otorga suficiente energía por debajo de 320 nm.

Tabla 2. Espectrofotometría UV-Vis (región visible)

Longitud de onda aproximada	Color de luz que se absorbe	Color de luz que se observa
390 a 435	Violeta	Amarillo verdoso
435 a 490	Azul	Amarillo
490 a 580	Verde	Rojo
580 a 595	Amarillo	Azul
595 a 650	Naranja	Azul verdoso
650 a 780	Rojo	Verde azulado

Fuente: <https://miseptiembrerojo.wordpress.com/2018/01/29/espectroscopia-uv-visible-uv-vis/>

A. Transmitancia

Constituye la interacción entre la proporción de luz transmitida que llega al detector cuando ha atravesado la muestra (I_t) y la proporción de luz que incidió sobre ella (I_o). Se representa comúnmente en tanto por ciento: $\% T = I_t/I_o \times 100$. La transmitancia nos da una medida física de la interacción de magnitud incidente y transmitida al pasar por la muestra. La relación entre $\%T$ y la concentración no es lineal, pero asume una relación logarítmica inversa.

B. Absorbancia

Indica la cantidad de luz absorbida por la misma. Se define como el logaritmo de $1/T$. En consecuencia: $A = \log 1/T = -\log T = -\log I_t/I_o$. Una vez que la magnitud incidente y la transmitida son equivalentes ($I_o = I_t$), la transmitancia es del 100%, lo que sugiere

que la muestra no absorbe a una determinada longitud de onda, por lo que A vale $\log 1 = 0$.

C. Ley de Lambert-Beer

Expresa la interacción entre absorbancia de luz monocromática (de longitud de onda fija) y la concentración de un cromóforo en solución:

$$A = \log I/I_0 = \epsilon \cdot c \cdot l$$

La absorbancia de una solución es de manera directa proporcional a su concentración (a más grande número de moléculas, más grande relación de la luz con ellas), además es dependiente de la distancia que recorre la luz por la solución (a igual concentración, cuanto más grande distancia recorre la luz por la muestra, más moléculas se encontrará); y, al final, es dependiente de ϵ , una constante de proporcionalidad (denominada coeficiente de extinción) que es específica de cada cromóforo (36).

1.3. Definición de términos básicos

- Metabolitos secundarios: compuestos químicos que se sintetizan por las plantas que cumplen funciones no esenciales en ellas, por lo que su ausencia no es peligrosa para el organismo, a diferencia de los metabolitos primarios (37).
- Compuestos fenólicos: estos son compuestos orgánicos, en su estructura contienen al menos un grupo fenol. Presenta diferentes funciones: protección contra parásitos, estrés del medio y patógenos, así como generador de colores atractivos para su polinización y dispersión (38).
- Alcaloides: metabolitos secundarios de las plantas, generalmente se sintetiza a partir de aminoácidos, que tienen en común su hidrosolubilidad a pH ácido y su solubilidad en disolventes orgánicos en pH alcalino (39).
- Interacción plantas - plantas, en esta relación, uno de ellos emite

aleloquímicos que afectan positiva o negativamente el crecimiento de otra que los recibe.

- Catequinas: es un polifenol vegetal antioxidante que procede de las plantas como un metabolito secundario. El término catequina se utiliza a menudo para referirse a la familia de los flavonoides y los subtipos flavan-3-oles (o simplemente flavanoles).

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. Formulación de hipótesis

Los metabolitos secundarios presentes en órganos de *Solanum sessiliflorum*, *Capsicum annuum* y *Mansoa alliacea* se pueden determinar por métodos espectrofotométricos.

2.2. Variables y su operacionalización

Variables

Dependiente

Espectroscopia UV-visible: tipo de espectroscopia de absorción en la que se ilumina una muestra con rayos electromagnéticos de varias longitudes de onda en el rango ultravioleta (UV) y visible (VIS). Según la sustancia, la muestra absorbe parcialmente los rayos de luz ultravioleta o visible.

Independiente

Metabolitos secundarios: sustancias químicas producto del metabolismo de plantas superiores. Están constituidas por polifenoles totales, flavonoides, antocianinas, catequinas, alcaloides, saponinas y otros.

Operacionalización de variables

Variables de estudio	Definición operacional	Tipo por su naturaleza	Indicadores	Índice	Escala de medición	Medio de verificación
Dependiente Espectroscopia UV-visible	Técnica analítica donde la luz transmitida es registrada como una función de la longitud de onda mediante un detector; el mismo que produce el espectro UV-VIS único de la muestra conocido como espectro de absorción.	Cuantitativa	Longitud de onda	nm	Razón	Hoja de reporte analítico
Independiente Metabolitos secundarios	Productos con diversos compuestos químicos, obtenidos por maceración, filtrado, evaporado (solvente) y llevado hasta sequedad, la que es evaluada experimentalmente por métodos espectrofotométricos.	Cuantitativa	polifenoles totales, flavonoides, antocianinas, catequinas, alcaloides, saponinas.	mg/100g	Razón	Hoja de reporte analítico

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Diseño metodológico

Tipo de estudio: descriptivo, porque sólo se observaron y describieron los resultados tal cual se presentaron.

Diseño: no experimental, porque el estudio se limitó a evaluar los extractos sin intervenir o manipular variables. El área de estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, ubicada en calle Pevas 5ta cuadra de la ciudad de Iquitos, capital del Departamento de Loreto

3.2. Diseño muestral

La población de estudio estuvo constituida por las especies vegetales *Solanum sessiliflorum*, *Capsicum annum* y *Mansoa alliacea* siendo la muestra dos (02) Kg de fruto de *S. sessiliflorum* y *C. annum*, hojas de *M. alliacea* en buen estado de conservación; colectadas por conveniencia en la región Loreto dentro del Distrito de Fernando Lores - Tamshiyacu (198°S 4°0'6" S 73°9'38" O).

3.3. Procedimientos de recolección de datos

A) Obtención del material botánico

Colecta de especies vegetales: utilizando tijeras podadoras, se cortó suficiente cantidad de frutos y hojas de las especies vegetales a ser estudiadas. Se depositó en sobres de manila debidamente rotulados, en donde se mantuvieron hasta su llegada al laboratorio.

Preparación y limpieza de muestras vegetales: se limpiaron los frutos y hojas, se cortaron en pequeños fragmentos. Al mismo tiempo se realizó una selección de hojas y frutos en buen estado de cada una de las especies vegetales para su posterior identificación y certificación.

Certificación de la especie vegetal: el Herbarium Amazonense de la Universidad Nacional de Amazonia Peruana – UNAP certificó las especies vegetales y entregó una constancia con su respectivo código de identificación (Anexo 1).

Secado y micropulverizado de las muestras vegetales: una vez limpia las muestras, se trasladó a un ambiente de secado con una temperatura de 40 °C durante una semana. Después del secado de las muestras, se realizó la molienda, quedando en polvo las muestras del material vegetal (micropulverizada). El pulverizado se guardó en frascos de color ámbar para su posterior uso en los diferentes ensayos.

B) Determinación de metabolitos secundarios

Cuantificación de compuestos fenólicos: se utilizaron las técnicas espectrofotométricas de UV/vis descritos por Valls *et al.* (40).

Preparación del extracto: se pesaron 0,5g de muestra seca y micropulverizada, se extrajeron sucesivamente con 3 volúmenes de 25 mL de etanol absoluto acidulado con un 1% de ácido fórmico. El extracto se evaporó hasta sequedad en estufa a 40 °C. El residuo seco se re disolvió en una solución de metanol al 50% acidulado con un 1% de ácido fórmico, llevado a un volumen de 10 mL. Se guardó de 2 a 8 °C hasta su posterior análisis.

Determinación de polifenoles totales: se realizó la medida del Índice de Folin, para lo cual se trataron 40 µL de muestra (preparación del extracto) con 0,5 mL de reactivo de Folin- Ciocalteau y 2 mL de carbonato sódico al 20% (p/v) y se llevaron a 10 mL. Transcurrida media hora, se efectuó la lectura de absorbancia a 765 nm. Para establecer el calibrado, se utilizaron patrones de ácido gálico de concentraciones entre 0 a 1.000 mg/L (40).

Determinación de antocianinas y flavonoides totales: De lo obtenido de la preparación del extracto, se efectuó la determinación de antocianinas a

una absorbancia de 535 nm; para los flavonoides se realizó la lectura a 374 nm (40).

Determinación de catequinas y proantocianidoles: se aplicó el ensayo de la vainillina, se mezclaron 0,5 mL (de lo obtenido en la preparación del extracto) con 1,25 mL de vainillina en metanol 1% (p/v) y con 1,25 mL de ácido sulfúrico 25% (v/v) en metanol. El blanco se preparó simultáneamente del mismo modo, pero sustituyendo la solución de vainillina por metanol. Se efectuó la lectura de absorbancia a 510 nm pasados 15 minutos. Se determinaron mediante la ecuación de la curva de calibración estándar $Y = 0,04651X + 0,03283$ y coeficiente de determinación (R^2) de 0,9964. Para cada lectura se usó metanol grado analítico como control (40).

Análisis de alcaloides: Los materiales vegetales (5 g) micropulverizados se extrajeron con metanol durante 24 H en una extracción continua (Soxhlet) aparato. El extracto se filtró y se evaporó el metanol en un evaporador rotatorio al vacío a una temperatura de 45 °C a sequedad. Una parte de este residuo se disolvió en HCl 2N y después se filtró. Un mL de esta solución se transfirió a un embudo de separación y se lavó tres veces con 10 mL de cloroformo. El pH de esta solución se ajustó a pH neutro con 0,1N NaOH. A continuación, se añadieron a esta solución 5 mL de solución de verde bromocresol y 5 mL de tampón fosfato. La mezcla se agitó y el complejo formado se extrajo con 1, 2, 3 y 4 mL de cloroformo por agitación vigorosa. Los extractos se recogieron en un matraz aforado de 10 mL y se diluyeron a volumen con cloroformo. La absorbancia del complejo en cloroformo se midió a 470 nm (41).

Análisis de saponinas: se hizo la adición del reactivo de Lieberman-Burchard para formar productos coloridos al reaccionar con saponinas. El reactivo LB consiste en una mezcla al 16,7% de anhídrido acético en ácido sulfúrico concentrado. Inicialmente se elaboró una curva de calibración absorbancia vs. concentración utilizando un estándar. Para esta curva se prepararon soluciones a las siguientes concentraciones:

0,00; 0,05; 0,1; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35 mg/mL; de cada concentración se prepararon 2 mL, a los que se adicionaron 7 mL del reactivo de LB; se agitó durante 20 segundos con un vortex y se dejó en reposo durante 30 minutos. Finalmente se determinó la longitud de onda de la máxima absorción (λ max) para realizar las lecturas posteriores en el espectrofotómetro, se realizó un barrido con el estándar. (La λ max, de saponinas de quinua es de 528 nm) y a esta longitud de onda se realizaron las mediciones para la curva de calibración y posteriormente para las muestras de seleccionadas. A partir de la curva de calibración se cuantificó el porcentaje de saponinas presentes en cada muestra evaluada (40).

3.4. Procesamiento y análisis de la información

Los datos están presentados en tablas. Para determinar las diferencias entre los diferentes tratamientos se realizaron la prueba no paramétrica T3-Dunnet.

3.5. Aspectos éticos

Se tuvo en cuenta las normas éticas del Instituto Nacional de Salud, reconociendo que las decisiones relativas a las cuestiones éticas relacionadas con la medicina, la ciencia de la vida y las tecnologías conexas pueden tener repercusiones en los individuos, familias, grupos o comunidades y en la especie humana en su conjunto.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Tabla 3. Compuestos fenólicos presentes en *S. sessiliflorum*, *C. annuum* y *M. alliacea*

Especies en estudio	Fenoles Totales mg/100 g	Flavonoides mg/100 g	Antocianinas mg/100 g	Catequinas mg/100 g
<i>S. sessiliflorum</i>	24916,833	45,738	15,017	0,004
<i>C. annuum</i>	4186,579	17,333	4,482	0,004
<i>M. alliacea</i>	9757,234	19,207	13,134	0,003

En la tabla 3 se muestra los valores obtenidos de compuestos fenólicos presentes en la cáscara de *S. sessiliflorum*, frutos de *C. annuum* y hojas de *M. alliacea*; siendo *S. sessiliflorum* la que obtuvo resultados mayores con 24916,833 mg/100g para fenoles totales: para flavonoides con 45,738 mg/100g; antocianinas 15,017 mg/100g y para catequinas 0,004 mg/100g.

Tabla 4. Descriptivos de los grupos de estudio – compuestos fenólicos

Grupos de estudio		N	Media	Desviación estándar	Límite inferior	Límite superior
Fenoles_totales	<i>S. sessiliflorum</i>	2	24916,833	119,667	23841,665	25992,000
	<i>C. annuum</i>	2	4186,579	5,67170	4135,620	4237,537
	<i>M. alliacea</i>	2	9757,234	144,891	8455,438	11059,029
	Total	6	12953,548	9596,125	2883,033	23024,064
Flavonoides	<i>S. sessiliflorum</i>	2	45,738	0,449	41,703	49,772
	<i>C. annuum</i>	2	17,333	0,791	10,223	24,442
	<i>M. alliacea</i>	2	19,207	0,542	14,341	24,073
	Total	6	27,426	14,217	12,506	42,345
Antocianinas	<i>S. sessiliflorum</i>	2	15,017	0,668	9,020	21,014
	<i>C. annuum</i>	2	4,482	0,023	4,276	4,689
	<i>M. alliacea</i>	2	13,134	0,787	6,063	20,205
	Total	6	10,878	5,046	5,582	16,173
Catequinas	<i>S. sessiliflorum</i>	2	0,004	0,000	0,004	0,004
	<i>C. annuum</i>	2	0,004	0,000	0,004	0,004
	<i>M. alliacea</i>	2	0,003	0,000	0,003	0,003
	Total	6	0,004	0,000	0,003	0,004

En la tabla 4 se observa la media, desviación estándar, Límite inferior y Límite superior obtenido para cada uno de los Grupos de estudio *S. sessiliflorum*, *C. annuum* y *M. alliacea* en lo referido a Fenoles totales, flavonoides, antocianinas y catequinas, con los respectivos intervalos de confianza al 95%.

Tabla 5. Comparaciones múltiples entre los grupos de estudio – compuestos fenólicos

T3 Dunnett						95% de Intervalo de confianza	
Variable dependiente	(I) Grupo de estudio	(J) Grupo de estudio	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Límite inferior	Límite superior
Fenoles_totales	S.	<i>C. annuum</i>	20730,254*	84,712	0,004	18959,40	22501,11
	sessiliflorum	<i>M. alliacea</i>	15159,599*	132,879	0,000	14282,69	16036,51
		<i>C. annuum</i>	<i>S. sessiliflorum</i>	-20730,254*	84,712	0,004	-22501,11
	<i>M. alliacea</i>	<i>M. alliacea</i>	-5570,655*	102,532	0,019	-7721,75	-3419,56
		<i>S. sessiliflorum</i>	<i>C. annuum</i>	-15159,599*	132,879	0,000	-16036,51
Flavonoides	S.	<i>C. annuum</i>	28,405*	0,643	0,004	22,89	33,92
	sessiliflorum	<i>M. alliacea</i>	26,531*	0,497	0,001	23,25	29,81
		<i>C. annuum</i>	<i>S. sessiliflorum</i>	-28,405*	0,643	0,004	-33,92
	<i>M. alliacea</i>	<i>M. alliacea</i>	-1,875	0,678	0,243	-6,86	3,11
		<i>S. sessiliflorum</i>	<i>C. annuum</i>	-26,535*	0,497	0,001	-29,81
Antocianinas	S.	<i>C. annuum</i>	10,535*	0,472	0,047	0,61	20,46
	sessiliflorum	<i>M. alliacea</i>	1,884	0,730	0,251	-2,88	6,65
		<i>C. annuum</i>	<i>S. sessiliflorum</i>	-10,535*	0,472	0,047	-20,46
	<i>M. alliacea</i>	<i>M. alliacea</i>	-8,651	0,557	0,068	-20,37	3,07
		<i>S. sessiliflorum</i>	<i>C. annuum</i>	-1,884	0,730	0,251	-6,65
			8,651	0,557	0,068	-3,07	20,37

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05.

En la tabla 5 se observa los resultados de las comparaciones múltiples entre los grupos de estudio aplicando la prueba T3 Dunnett, encontrándose que todos los grupos producen diferentes cantidades de fenoles totales, flavonoides y antocianinas.

Tabla 6. Contenido de alcaloides presentes en órganos de cada una de las especies vegetales

Espece vegetal	Alcaloides mg/100 g
<i>S. sessiliflorum</i>	33,90
<i>C. annuum</i>	20,32
<i>M. alliacea</i>	17,34

En la tabla 6 se observan los valores de alcaloides presentes en cáscara de *S. sessiliflorum* 33,90 mg/100 g, frutos de *C. annuum* 20,32 mg/100 g y las hojas de *M. alliacea* 17,34 mg/100 g respectivamente.

Tabla 7. Contenido de saponinas presentes en cada una de las especies vegetales evaluadas

Espece vegetal	Saponinas mg/100 g
<i>S. sessiliflorum</i>	161,40
<i>C. annuum</i>	51,75
<i>M. alliacea</i>	116,12

En la tabla 7 se observan los valores de saponinas presentes en cáscara de *S. sessiliflorum* con 161,40 mg/100 g, frutos de *C. annuum* con 51,75 mg/100 g y las hojas de *M. alliacea* con 116,12 mg/100 g, siendo importante resaltar que *S. sessiliflorum* presenta mayor cantidad.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Las especies vegetales evaluadas *Solanum sessiliflorum*, *Capsicum annuum* y *Mansoa alliacea* presentan diferentes cantidades de metabolitos secundarios, referidos a compuestos fenólicos, alcaloides y saponinas; en función a cada órgano utilizado durante el proceso de investigación.

Los estudios químicos de las especies del género *Piper* han llevado a la identificación de nuevos compuestos pertenecientes a alcaloides, amidas, derivados del ácido benzoico, lignanos, neolignanos, propenilfenoles, esteroides, terpenos, chalconas, flavonas, flavanonas, kavalactonas, piperólidos, ceramidas, ácidos grasos, flavonoides (42).

La presencia de alcaloides en *C. annuum* L., confirma posibles propiedades etnomedicinales lo que coincide con el estudio de **Villalba, M. et al. (8)**; también se relaciona con la investigación de **Tighe, R. et al. (10)** en el contenido de polifenoles en hojas y fruto de *C. annuum* L. (ají duce).

Asimismo, nuestros resultados referidos a *Mansoa alliacea* tienen relación con **Pires, F. et al. (9)** quienes encontraron en *M. alliacea* la mayor concentración de ácido cafeico, compuesto de naturaleza orgánica perteneciente al grupo de compuestos fenólicos; y, el caso de *Solanum sessiliflorum* es concordante con **Soto, M. (11)** quien encontró alta diversidad de metabolitos: alcaloides, compuestos fenólicos, flavonoides, antocianidinas, catequinas, taninos, triterpenos y esteroides, azúcares reductores, aceites y grasas, aminoácidos, saponinas (sólo en hojas y flores); lactonas y cumarinas encontradas en los tres órganos de la especie de *S. multifidum* Lam.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

- El valor obtenido para compuestos fenólicos es más representativo en el fruto de *S. sessiliflorum* (cáscara) que obtuvo 24916,833 mg/100 g para fenoles totales, flavonoides con 45,738 mg/100 g, antocianinas 15,017 mg/100 g y para catequinas un valor de 0,004 mg/100 g.
- Para alcaloides, los frutos de *S. sessiliflorum* (cáscara) presentó 33,90 mg/100 g, los frutos de *C. annuum* 20,32 mg/100 g y las hojas de *M. alliacea* 17,34 mg/100 g respectivamente.
- Para saponinas, los frutos de *S. sessiliflorum* (cáscara) obtuvo 161,40 mg/100 g, los frutos de *C. annuum* con 51,75 mg/100 g y las hojas de *M. alliacea* 116,12 mg/100 g, con mayor concentración en *S. sessiliflorum* presentó mayor cantidad.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

- Que se realicen estudios en modelos animales, a fin de determinar su potencial farmacológico y toxicológico en el tratamiento de diferentes desórdenes inmunológicos.
- Que es importante hacer sostenible la producción de las especies vegetales, haciendo viable su consumo como producto natural, como alternativas terapéuticas para tratar posibles enfermedades.
- Asimismo, que se complementen estudios de los demás órganos de las especies vegetales estudiadas, a fin de determinar la presencia y concentración de los metabolitos secundarios.

CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Pino, O., Sánchez, Y. y Rojas, M. M. Plant secondary metabolites as an alternative in pest management. I: Background, research approaches and trends. *Revista de Protección Vegetal*. 2013;28:81-94
2. Buchanan, B. B., Griseham, W. y Jones, R. L. (2015). *Biochemistry & Molecular Biology of Plant*. 2da (ed.). United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd.
3. Becerril-ángeles M, Aranda-Jan A, Moreno-Quiróz J. Encuesta de reacciones adversas a medicamentos en pacientes hospitalizados. *Rev Alerg Mex* [Internet]. 2011;58(4):179–184. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revistaalergia-mexico-336-articulo-encuesta-reacciones-adversas-medicamentos-pacientesX0002515111905672>
4. Fdajs L. Phenotypic genetic and environmental correlations between morphological and chemical description in fruits of cubium (SS) in Amazonia. *Acta Amazónica*. 1999;29(9):503-511.
5. Santos LA, Bueno CR, Clement CR. Influência da temperatura na germinação de sementes de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) no escuro. *Acta Amazónica*. 2001;30(4):671-675.
6. Salick J. Cocona (*Solanum sessiliflorum*). Production and Breecting Potentials of the Peach Tomato. Ed. CE Wickens *et al* Chapman. N.Y 1990. pág. 104.
7. Buck, S.H. y Burks T.F. Capsaicin: hot new pharmacological tool. *Trends in Pharmacological Sciences*. 1983;4:84-87.
8. Villalba Cadavid Marcela, Arrázola Paternina Guillermo, Pardo Pérez Enrique. Determinación de capsaicina mediante Cromatografía líquida de Alta Resolución (HPLC-PDA) en la especie *Capsicum frutescens*. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*. 2017;15(1):15-24.
9. B. Pires Fernanda, B. Dolwitscha Carolina, Dal Práa Valéria, Faccinb Henrique, Luana Monegob Débora, M. de Carvalho Leandro, Vianaa Carine, Lameirac Osmar *et al*. Qualitative and quantitative analysis of the phenolic content of *Connarus* var. *angustifolius*, *Cecropia obtusa*, *Cecropia palmata* and *Mansoa alliacea* based on HPLC-DAD and UHPLC-ESI-MS/MS. *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 2017;27:426–433.
10. Tighe Neira Ricardo, Montalba Navarro René, Leonelli Cantergiani Gina y

- Contreras Novoa Aliro. Efecto de dos extractos botánicos en el desarrollo y contenido de polifenoles de ají (*Capsicum annuum* L.). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2014;5(1):115-127.
11. Soto Vásquez Marilú Roxana. Estudio fitoquímico de las hojas, flores y frutos de *Solanum multifidum* Lam. y *Lycianthes lycioides* (L.) Hassl. (Solanaceae) procedentes del Cerro Campana, Región La Libertad-Perú. Araldoa 2014;21(1):91–104.
 12. *Solanum sessiliforum* Dunal. Disponible en: <https://tropicos.org/name/29600313>
 13. Da Silva Filho, Danilo Fernandes. 1998. Cocona (*Solanum sessilifolium* Dunal): cultivo y utilización Caracas: Tratado de Cooperación Amazónica.
 14. “La ruta del tacacho: Un viaje por la selva de cemento [INFOGRAFÍA]”. *Peru21*. 19 de junio de 2016. Consultado el 15 de marzo de 2019.
 15. *Capsicum annuum*. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Capsicum_annuum
 16. Chávez J. Identificación de fitopatógenos fungosos y bacterianos en frutos de cuatro especies del género *Capsicum* al estado post cosecha [Bachiller]. Universidad Nacional de Cajamarca; 2015 [Citado el 29 de Sep del 2019]. Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1794/TESIS%20esther%20chavez%20cuchca%2009-12-2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 17. Espinoza D. Caracterización morfológica de ajíes de la costa del Perú. [Ing. Agr]. Universidad Nacional Agraria La Molina; 2017[Citado el 29 de Sep del 2019]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2733/F01-E77-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 18. *Mansoa alliacea* Lam. Disponible en: <https://tropicos.org/name/3701394>
 19. Bustamante, M. (2009). Plantas con propiedades, plaguicidas. Honduras: Zamorano.
 20. Calero, A. (2010). Evaluación agroindustrial del ajo de monte. Recuperado a partir de <http://www.sobre-hierbas.com/Ajo-sacha.html>

21. Bichara M., Olivera J., Guilhon G. The genus *Mansoa* (Bignoniaceae): a source of organosulfur compounds. *Rev. Bras. Farm.* 2009. 19(3).
22. Figueiredo, A. C., Barroso J. G., Pedro L. G., Scheffer J. C. "Factors Affecting Secondary Metabolite Production Plants; Volatile Components and Essential Oils". *Flavour and Fragrance Journal.* 2008;23:213–226.
23. Wink, M. 1999. Introduction: Biochemistry, role and biotechnology of secondary metabolites. pp. 1-17. In: M. Wink M. (ed.). *Biochemistry of Plant Secondary Metabolism.* Annual Plant Reviews. Sheffield Academic Press Ltd. London, UK. 374 p.
24. Sepúlveda, G., Porta, H., Rocha, M. La Participación de los Metabolitos Secundarios en la Defensa de las Plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología.* 2004;21:355-363. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/612/61221317.pdf>
25. Orlando A, Guirado A. Potencial medicinal del género *Sapindus* L. (Sapindaceae) y de la especie *Sapindus saponaria* L. *Rev Cubana Plant Med* 2005. 10:3-4.
26. Suhagia B, Rathod I, Sindhu S. *Sapindus mukorossi* (Areetha): an overview. *IJPSR.* 2011;2(8):1905-1913.
27. Man S, Gao W, Zhang Y, Huang L, Liu Ch. Chemical study and medical application of saponins as anti-cancer agents. *Fitoterapia.* 2010;81(1):703-714.
28. Labrada K. Síntesis y caracterización de análogos y miméticos de saponinas espirostánicas [tesis]. Universidad de la Habana; 2012.
29. Alhosin M, Sharif T, Mousli M, Etienne-Selloum N, Fuhrmann G, Schini-Kerth V. Down-regulation of UHRF1, associated with re-expression of tumor suppressor genes, is a common feature of natural compounds exhibiting anti-cancer properties. *J Exp Clin Cancer Res.* 2011;30(41):2-10.
30. Ospina L, Álvarez A, Cortés F, Cadavid A, Cardona W. Effects of spermicidal extracts of *Ananas comosus* (pineapple) and *Sapindus saponaria* (jaboncillo) on cell viability, cytotoxicity and apoptosis. *Rev Cubana Plant Med.* 2013;8(4):534-542.
31. Glauert AM, Dingle JT, Lucy JA. Action of Saponin on Biological Cell Membranes. *Nature.* 1962;196(3):952-955.

32. Gauthier C, Legault J, Pichette A. Haemolytic activity, cytotoxicity and membrane cell permeabilization of semi-synthetic and natural lupane-and oleanane-type saponins. *Bioorg. Med. Chem.* 2009;17(2):2002-2008.
33. Carvajal R, Hata Y, Sierra N, Rueda D. Análisis fitoquímico preliminar de hojas, tallos y semillas de Cupatá (*Strychnos schultesiana* Krukoff). *Colombia Forestal.* 2009;12:161-170 [citado 18 sep 2020]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-07392009000100011
34. Melzig M, Hebestreit P, Gaidi G. Structure activity relationship of saponins to enhance toxic effects of agrostin. *Rev Planta Med.* 2005;71(11):1088-1090.
35. Arango Acosta G. Alcaloides y compuestos nitrogenados [Internet]. Universidad de Antioquia; 2008. Recuperado a partir de: https://www.academia.edu/15634775/UNIVERSIDAD_DE_ANTIOQUIA_AL_CALOIDES_Y_COMPUESTOS_NITROGENADOS
36. Abril N., J. Bárcena A., Fernández E., Galván A., Jorrín J., Peinado J., Meléndez F., Túnez I. Espectrofotometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas. Disponible en: https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf
37. Metabolitos secundarios. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Metabolitos_secundarios_de_las_plantas
38. Compuestos fenólicos. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Compuesto_fen%C3%B3lico
39. Alcaloides. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Alcaloide>
40. Valls J., Lampreave M., Nadal M., Arola L. Importancia de los compuestos fenólicos en la calidad de los vinos tintos de crianza. *Revista Alimentación, Equipos y Tecnología.* 2000;19(2):119-124.
41. Shamsa F, Monsef H, Ghamooshi R, Verdian-rizi M. Spectrophotometric determination of total alkaloids in some Iranian medicinal plants. *Thai J. Pharm. Sci.* 2008;32:17-20.
42. Takeara R, Gonçalves R, Santos Ayres VF dos, Guimarães AC. Biological Properties of Essential Oils from the *Piper* Species of Brazil: A Review. *Aromatic and Medicinal Plants - Back to Nature* [Internet]. 2017; Disponible en: <https://www.intechopen.com/books/aromatic-and-medicinal-plants-back->

to-nature/biological-properties-of-essential-oils-from-the-piper-species-of-brazil-a-review

ANEXOS

Anexo 1. Constancia de certificación de la especie vegetal



UNAP

Centro de Investigación de
Recursos Naturales
Herbarium Amazonense — AMAZ

INSTITUCIÓN CIENTÍFICA NACIONAL DEPOSITARIA DE MATERIAL BIOLÓGICO
CÓDIGO DE AUTORIZACIÓN AUT-ICND-2017-005

CONSTANCIA n.º 013-2021-AMAZ-UNAP

El Coordinador del Herbarium Amazonense (AMAZ) del CIRNA, de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana

HACE CONSTAR:

Que, las muestras botánicas presentadas por LINDA ISABEL VILLASIS IPANAMA, bachiller de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana pertenece al proyecto de tesis de pre grado titulado "DETERMINACIÓN DE METABOLITOS SECUNDARIOS *Solanum sessiliflorum*, *Capsicum annuum* Y *Mansoa alliacea* POR MÉTODOS ESPECTROFOTOMÉTRICOS" han sido DETERMINADAS en este Centro de Investigación y Enseñanza Herbarium Amazonense-AMAZ del Centro de Investigación de Recursos Naturales de la UNAP-CIRNAUNAP como se indica a continuación:

Nº	FAMILIA	ESPECIE
01	SOLANACEAE	<i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal
02	SOLANACEAE	<i>Capsicum annuum</i> L.
03	BIGNONIACEAE	<i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry

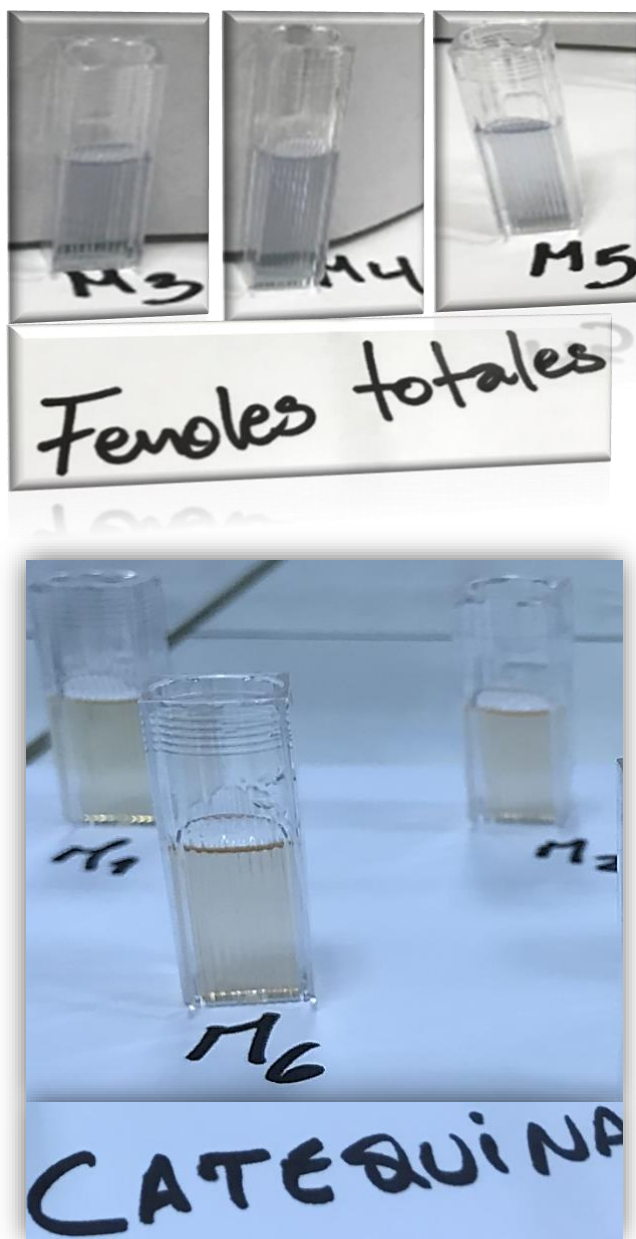
A los siete días del mes de junio de dos mil veintiuno, se expide la presente constancia a la interesada para los fines que se estime conveniente.

Atentamente,

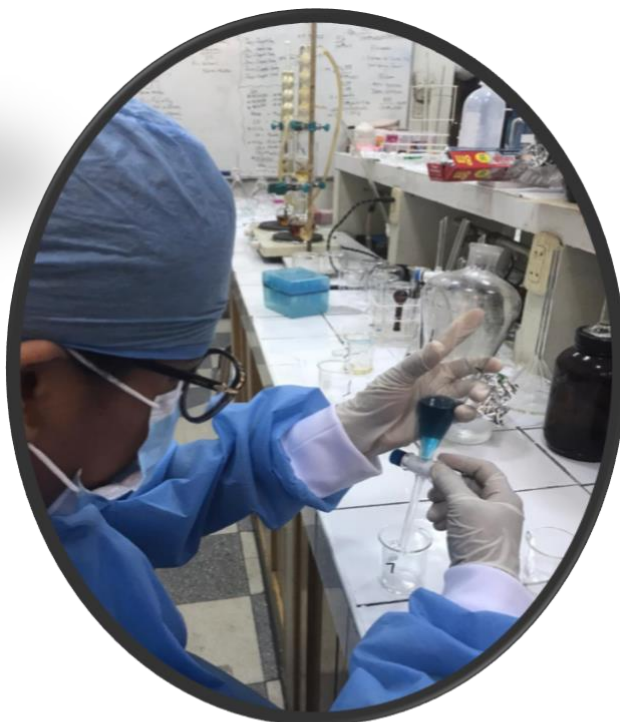
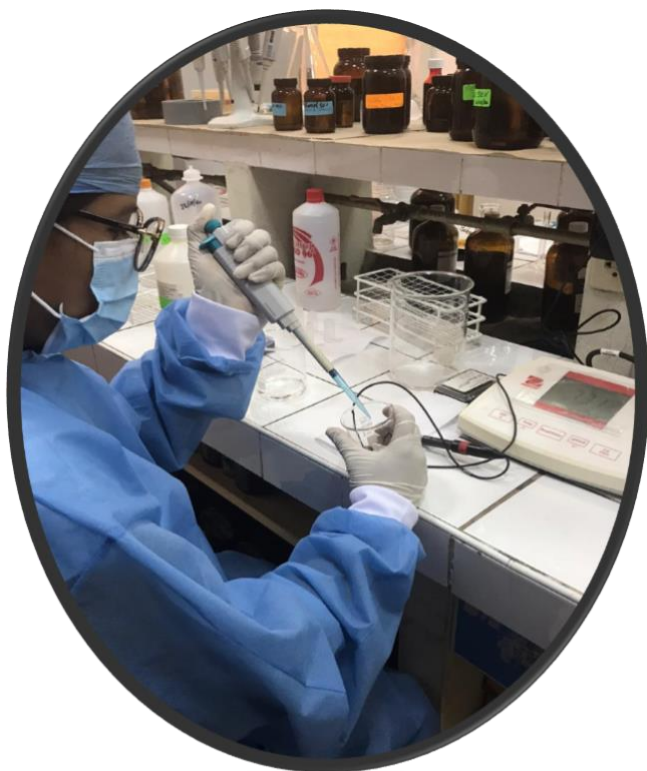


Richard J. Huananca Acostupa
Coordinador Herbarium Amazonense

Anexo 2. Análisis de compuestos fenólicos en el laboratorio.



Anexo 3. Análisis de alcaloides en el laboratorio.



Anexo 4. Análisis de Saponinas en el laboratorio.

