

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



IDENTIFICACIÓN DE BIOMOLÉCULAS PRESENTES EN CINCO  
ESPECIES DE PLANTAS SILVESTRES

Tesis

Que presenta LUIS CARLOS GALLEGOS ESTRELLA

como requisito parcial para obtener el Grado de  
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Torreón, Coahuila

Diciembre 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



IDENTIFICACIÓN DE BIOMOLÉCULAS PRESENTES EN CINCO  
ESPECIES DE PLANTAS SILVESTRES

Tesis

Que presenta LUIS CARLOS GALLEGOS ESTRELLA

como requisito parcial para obtener el Grado de  
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Una firma manuscrita en tinta azul, que parece ser 'Antonio Carbó', sobre una línea horizontal.

Dr. Antonio Francisco Aguilera Carbó  
Asesor Principal UAAAN

Una firma manuscrita en tinta azul, que parece ser 'Leonardo Sepúlveda Torre', sobre una línea horizontal.

Dr. Leonardo Sepúlveda Torre  
Asesor Externo

Torreón, Coahuila

Diciembre 2021

IDENTIFICACIÓN DE BIOMOLÉCULAS PRESENTES EN CINCO  
ESPECIES DE PLANTAS SILVESTRES

Tesis

Elaborada por LUIS CARLOS GALLEGOS ESTRELLA como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria con la supervisión y aprobación del Comité de Asesoría.



---

Dr. Antonio Francisco Aguilera Carbó  
Asesor Principal



---

Dr. Leonardo Sepúlveda Torre  
Asesor



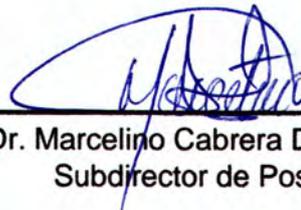
---

M.E. Laura Olivia Fuentes Lara  
Asesor



---

Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán  
Jefe de Departamento de Postgrado



---

Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente  
Subdirector de Postgrado

## **AGRADECIMIENTOS**

*Doy gracias a Dios por darme fuerza y sabiduría para concluir una etapa más, una maestría en ciencias siempre fue un sueño y ahora una realidad.*

*Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento para los estudios de postgrado a través de la beca otorgada.*

*A mi Alma Mater la "Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro" por abrirme nuevamente sus puertas y acogerme por dos años más.*

*A mis asesores el Doctor Antonio Francisco Aguilera Carbó, La Maestra Laura Olivia Fuentes Lara y al doctor Leonardo Sepúlveda Torre mi respeto y gratitud por su dirección y asesoramiento.*

*A la señora Aurelia Nájera Cruz por su dedicación y apoyo incondicional que brinda a todos los alumnos de postgrado, nos hace más amena y agradable la estadía en el programa. Le agradezco de corazón.*

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS .....	iii
ÍNDICE DE CUADROS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
RESÚMEN .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 JUSTIFICACIÓN .....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 ENFERMEDADES CRÓNICAS, GENERALIDADES .....	3
2.2 IMPLICACIONES ECONÓMICAS DE LAS ENFERMEDADES.....	4
2.3 TRATAMIENTOS PARA ENFERMEDADES CRÓNICAS .....	4
2.3.1 Medicamentos Alópatas .....	5
2.3.2 Tratamientos Alternativos .....	5
2.4 PLANTAS CON PROPIEDADES CURATIVAS .....	6
2.5 SITUACIÓN ACTUAL DE LAS PLANTAS MEDICINALES .....	9
2.6 ESTUDIOS DE TOXICIDAD EN PLANTAS MEDICINALES .....	10
2.7 COMPUESTOS FENÓLICOS .....	11
2.7.1 Estructura Química y Clasificación .....	11
2.7.2 Fenoles Simples.....	12
2.7.3 Fenoles Ácidos .....	12
2.7.4 Cumarinas .....	13
2.7.5 Lignanos y Ligninas.....	13
2.7.6 Flavonoides .....	14
2.7.7 Flavonas y Flavanoles.....	14
2.8 COMPUESTOS FENÓLICOS EN PLANTAS .....	15
2.9 IDENTIFICACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS.....	15
2.10 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS.....	15
2.11 ACTIVIDAD ANTICANCERÍGENA .....	16
2.12 ÁRNICA AMARILLA .....	16
2.12.1 Distribución Geográfica.....	16
2.12.2 Identificación y Descripción .....	16

2.12.3 Taxonomía.....	17
2.12.4 Usos Tradicionales .....	17
2.13 ÁRNICA MORADA.....	18
2.13.1 Distribución Geográfica.....	18
2.13.2 Identificación y Descripción .....	18
2.13.3 Taxonomía.....	18
2.13.4 Usos Tradicionales .....	19
2.14 YERBANÍS.....	19
2.14.1 Distribución Geográfica.....	19
2.14.2 Identificación y Descripción .....	19
2.14.3 Taxonomía.....	20
2.14.4 Usos Tradicionales .....	20
2.15 ROSA DE CASTILLA .....	21
2.15.1 Distribución Geográfica.....	21
2.15.2 Identificación y Descripción .....	21
2.15.3 Taxonomía.....	21
2.15.4 Usos Tradicionales .....	22
2.16 HIERBA DE SAN NICOLÁS .....	22
2.16.1 Distribución Geográfica.....	22
2.16.2 Identificación y Descripción .....	22
2.16.3 Taxonomía.....	23
2.16.4 Usos Tradicionales .....	23
MATERIALES Y MÉTODOS .....	24
3.1 MATERIAL BIOLÓGICO .....	24
3.2 PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS .....	24
3.3 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO .....	24
3.3.1 Determinación de Materia Seca Total .....	25
3.3.2 Determinación de Cenizas .....	25
3.3.3 Determinación de Extracto Etéreo.....	25
3.3.4 Determinación de Proteína Cruda .....	25
3.3.5 Determinación de Fibra Cruda .....	26
3.4 DETERMINACIONES FISICO-QUÍMICAS .....	27
3.4.1 Determinación de Azúcares Totales y Reductores .....	27

3.4.2 Determinación de Fenoles Totales .....	27
3.4.3 Determinación de Taninos Condensados .....	27
3.5 CROMATOGRAFÍA EN COLUMNA.....	27
3.6 CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA DE ALTA EFICACIA (HPLC).....	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	29
4.1 ANÁLISIS PROXIMAL.....	29
4.2 CUANTIFICACIÓN DE AZÚCARES TOTALES.....	30
4.3 AZÚCARES REDUCTORES.....	31
4.4 CUANTIFICACIÓN DE TANINOS CONDENSADOS .....	31
4.5 CUANTIFICACIÓN DE FENOLES TOTALES.....	32
4.6 RESULTADOS HPLC-Ms.....	33
CONCLUSIONES.....	36
LITERATURA CITADA .....	37

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Tabla 1. Plantas medicinales más estudiadas y utilizadas en México.....</b>	<b>8</b>
<b>Tabla 2. Azúcares totales en mg/g de Sacarosa.....</b>	<b>27</b>
<b>Tabla 3. Azúcares reductores en mg/g de Glucosa.....</b>	<b>27</b>
<b>Tabla 4. Taninos condensados en mg/g de Catequina.....</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 5. Concentración de fenoles totales en mg/g de Ácido Gálico.....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 6. Concentración de compuestos identificados en los extractos mediante HPLC-Ms.....</b>	<b>30</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Fenol.....	11
Figura 2 Fenoles simples.....	12
Figura 3 Ácidos hidroxibenzoicos.....	13
Figura 4 Ácidos hidroxicinámicos.....	13
Figura 5 Umbeliferona.....	13
Figura 6 Lignano.....	13
Figura 7 Estructura básica de un flavonoide.....	14
Figura 8 Estructura de una flavona .....	14
Figura 9 <i>Grindelia eligulata</i> .....	16
Figura 10 <i>Machaeranthera tanacetifolia</i> .....	18
Figura 11 <i>Tagetes lucida</i> .....	19
Figura 12 <i>Rosa galica</i> .....	21
Figura 13 <i>Chrysactinia mexicana</i> .....	22
Figura 14 Concentración de datos del análisis proximal.....	27

## RESUMEN

### DETERMINACIÓN DE BIOMOLÉCULAS PRESENTES EN CINCO ESPECIES DE PLANTAS SILVESTRES

LUIS CARLOS GALLEGOS ESTRELLA

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DR. FRANCISCO ANTONIO AGUILERA CARBÓ  
DIRECTOR DE TESIS

El objetivo de la presente investigación fue la identificación de biomoléculas de cinco tipos de plantas del semidesierto mexicano: árnica amarilla (*Grindelia eligulata*), árnica morada (*Machaeranthera tanacetifolia*), rosa de castilla (*Rosa gallica*), yerbanís (*Tagetes lucida*) y hierba de San Nicolás (*Chrysactinia mexicana*) con el fin de demostrar el potencial biológico de sus compuestos. Se utilizaron hojas, tallos y pétalos para realizar una extracción acuosa 1:5 m/v. Se evaluó la cinética de extracción de taninos hidrolizables y condensados, así como la cuantificación de fenoles totales mediante el método Folin-Ciocalteu. Los extractos acuosos fueron filtrados en membranas de # 1 para someterlos a una separación en columna de afinidad para posteriormente identificar sus moléculas mediante HPLC-MS (cromatografía líquida de alta resolución). La actividad biológica se evidenció. Los resultados mostraron que los extractos de las plantas en cuestión contienen un alto potencial biológico y sus biomoléculas podrían ayudar al tratamiento de enfermedades causadas por el estrés oxidativo, por lo cual es importante el desarrollo de una estrategia para su aplicación o experimentación *in vivo*, así como realizar pruebas de citotoxicidad para garantizar su uso en el tratamiento de enfermedades crónico-degenerativas.

**Palabras clave:** biomoléculas, taninos, actividad biológica, citotoxicidad.

## ABSTRACT

### DETERMINACIÓN DE BIOMOLÉCULAS PRESENTES EN CINCO ESPECIES DE PLANTAS SILVESTRES

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DR. FRANCISCO ANTONIO AGUILERA CARBÓ  
DIRECTOR DE TESIS

The objective of the present investigation was the identification of biomolecules of five types of plants of the Mexican semi-desert: yellow arnica (*Grindelia eligulata*), purple arnica (*Machaeranthera tanacetifolia*), rose of castile (*Rosa gallica*), yerbanís (*Tagetes lucida*) and grass of San Nicolás (*Chrysactinia mexicana*) in order to demonstrate the biological potential of its compounds. Leaves, stems and petals were used to perform a 1: 5 m / v aqueous extraction. The extraction kinetics of hydrolyzable and condensed tannins were evaluated, as well as the quantification of total phenols using the Folin-Ciocalteu method. The aqueous extracts were filtered on # 1 membranes to subject them to an affinity column separation to later identify their molecules by HPLC-Ms (high performance liquid chromatography). Biological activity was evidenced. The results show that the extracts of the plants in question contain a high biological potential and their biomolecules could help in the treatment of diseases caused by oxidative stress, which is why it is important to develop a strategy for their application or experimentation in vivo, as well. How to perform cytotoxicity tests to guarantee its use in the treatment of chronic degenerative diseases.

**Keywords:** biomolecules, tannins, biological activity, cytotoxicity.

## INTRODUCCIÓN

Si bien la medicina moderna está desarrollada en la mayor parte del mundo, la Organización Mundial de la Salud reporta que dos tercios de la población mundial recurre a la medicina tradicional como un sistema complementario a la medicina alopática, esto se debe a su accesibilidad y asequibilidad, siendo muchas veces la única fuente de atención sanitaria de los pacientes.

Los pueblos nativos poseen un amplio conocimiento sobre el empleo de plantas medicinales que se ha heredado de generación en generación, saberes que constituyen una base importante para la conservación de la biodiversidad y para su uso sustentable, el uso de dichas plantas ha jugado un papel preponderante en el bienestar de los animales y de las mismas plantas. En ese sentido el interés por la comercialización e investigación de la flora medicinal ha incrementado continuamente por el aumento y la revitalización del consumo local, cabe mencionar que la mayoría de las especies de plantas medicinales que se utilizan crecen de manera silvestre.

Las plantas medicinales poseen principios activos que son responsables de las propiedades terapéuticas, y a su vez muchas consultas médicas por algún efecto indeseable provocado por el consumo inadecuado de la planta, se desconoce incluso que éstas sean las responsables de tal efecto. Se necesita profundizar en el estudio de la toxicidad de las plantas para disminuir posibles riesgos y comprobar que la utilización puede ser segura; debido a lo anterior el principal objetivo de la presente investigación es la identificación de moléculas bioactivas presentes en plantas silvestres que se enlistan a continuación: árnica amarilla (*Grindelia eligulata*), árnica morada (*Machaeranthera tanacetifolia*), rosa de castilla (*Rosa gallica*), yerbanís (*Tagetes lucida*) y hierba de San Nicolás (*Chrysactinia mexicana*). El objetivo de la presente investigación es la identificación de biomoléculas en plantas del desierto chihuahuense y así desempeñar un papel importante como tratamiento natural y alternativo a diferentes enfermedades.

## **1.1 JUSTIFICACIÓN**

El uso de plantas medicinales en México se desarrolló gracias al conocimiento de las culturas prehispánicas, esto se logró debido a la extensa flora y la amplitud de los pueblos originarios, nuestro país presenta las condiciones ideales para la identificación de plantas que podrían fungir como base para el desarrollo de alternativas nuevas en el tratamiento de diversas afecciones en la salud.

Desde hace décadas se ha impulsado el interés de sustentar terapias alternativas para el uso terapéutico de productos naturales, estos requieren de estudios para comprobar su efectividad y establecer su nivel de toxicidad, el tratamiento para diversas enfermedades es apoyado por el uso de la medicina tradicional que ha tomado bases científicas que afirman que existen Fito medicamentos a base de plantas que poseen menos efectos secundarios.

Existen diversos factores que impulsan el desarrollo de investigaciones relacionadas al uso de plantas medicinales; los antibióticos tradicionales se están volviendo ineficaces ya sea por la existencia de cepas multirresistentes, el abuso o empleo incorrecto de fármacos sintéticos, la aparición de nuevas enfermedades o el hecho de que un gran porcentaje de la población no tiene acceso a tratamientos farmacológicos.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 ENFERMEDADES CRÓNICAS, GENERALIDADES

Según las Estadísticas Sanitarias Mundiales 2019 de la Organización Mundial de la Salud, en la actualidad siete de las diez principales causas de muerte son las enfermedades no transmisibles que se han incrementado considerablemente con respecto a las cifras reportadas en el año 2000 cuando solo eran cuatro de las diez principales causas de muerte. Las estimaciones indican claramente la necesidad de prestar atención a nivel mundial sobre la prevención y tratamiento de las enfermedades cardiovasculares, cáncer, diabetes, hemopatías crónicas, etc., así como reducir los traumatismos como lo indica la agenda 2030.

En el caso de enfermedades cardiovasculares desde hace 20 años son la causa principal de mortalidad en todo el mundo, con un total del 16 % de muertes, en el año 2000 la cifra alcanzaba a los 2 millones de afectados y para el año 2019 esta cifra llegó a 9 millones (C.S.P Pires, *et al.*, 2017).

Además a la lista se han sumado enfermedades como el Alzheimer y otras formas de demencia, ocupan el tercer lugar en América y Europa, sin dejar de lado las muertes por diabetes que ocupan el 70 % a nivel mundial entre los años 2000 y 2019 (Serra Valdés, *et al.*, 2018).

Las estimaciones corroboran una creciente tendencia de longevidad, en el 2000 las personas tenían un promedio de vida de 67 años, en el 2019 esta cifra aumentó a 73 años, la diferencia era que vivían más años pero con más discapacidad. Las enfermedades y afecciones de salud provocan un mayor número de años de vida saludable perdidos, las cardiopatías, la diabetes, los accidentes cerebrovasculares y el cáncer provocaron alrededor de 100 millones más de años de vida saludable perdidos en 2019 (Barquera Cervera, *et al.*, 2016) (American Diabetes Association 2018).

La disponibilidad de servicios que ayuden en el diagnóstico, prevención y tratamiento de enfermedades es pieza fundamental para la reducción del número de muertes y discapacidad (C.S.P Pires, *et al.*, 2017).

## **2.2 IMPLICACIONES ECONÓMICAS DE LAS ENFERMEDADES**

Según el informe anual sobre riesgos del Foro Económico Mundial (2019), las enfermedades no transmisibles han sido consideradas como un riesgo de pérdidas económicas; representada por las cuatro enfermedades no transmisibles (cardiovasculares, cáncer, diabetes y enfermedades respiratorias) pueden sentirse como una carga más allá del sector salud.

Se estima que en el año 2009 hubo alrededor de 2.8 millones de nuevos tipos de cáncer que tuvieron un costo de 153 mil millones de dólares en el primer año, se prevé que en el año 2020 se incrementen los casos en un 30% (Araya, *et al.*, 2020).

En el caso de la diabetes en el año 2000 representó un costo de 65 mil millones de dólares, solo en el continente americano, según la Federación Mexicana de Diabetes (2010) la proyección de gastos de esta enfermedad a nivel mundial para el 2030 podría llegar a los 590 mil millones de dólares.

En general las enfermedades degenerativas seguirán en aumento y el presupuesto sanitario se tendría que incrementar entre un 5 % y 7 % anualmente, América tiene niveles demasiado elevados de desigualdad por lo que se deben buscar estrategias para ayudar a las personas vulnerables y de escasos recursos (Cubero Mata, 2010).

## **2.3 TRATAMIENTOS PARA ENFERMEDADES CRÓNICAS**

El tratamiento de las enfermedades crónicas no transmisibles constituye en la actualidad uno de los mayores retos que enfrentan los sistemas de salud a nivel mundial. Esto se debe a que dichas enfermedades afectan a todos los grupos de edad y a todas las regiones y países, con independencia de su grado de desarrollo (Lima López, *et al.*, 2019).

Actualmente el procedimiento común para el tratamiento de muchas de estas enfermedades consiste en el seguimiento de un esquema farmacológico que se basa en medicamentos orales o inyectados.

El llevar un tratamiento adecuado depende de muchos factores, la información, el tener acceso a servicios médicos, la economía del paciente, incluso el saber leer y escribir facilita la utilización de dichos tratamientos (Serra Valdés, *et al.*, 2018).

### **2.3.1 Medicamentos Alópatas**

En el año 2016 la farmacéutica Pfizer anunció la suspensión del desarrollo de medicamentos para el colesterol (inhibidores) principalmente por la influencia de los factores del mercado, tenían malas ventas por sus altos costos. El costo por inhibidor es de \$14,000 dólares por paciente y año. Las enfermedades cardiovasculares conducirá a un aumento estimado de \$529 mil millones de dólares en gastos por medicamentos la cifra se ha incrementado en un 38 % comparada con las cifras del 2015 (Ramón Valderrama & Galeano-García, 2020).

Se plantean problemas similares en el caso a la fijación de precios de los tratamientos de otras enfermedades crónico degenerativas como la diabetes, los costos de la insulina en Estados Unidos y en América en general se han elevado hasta un 700 % en dos décadas (Cordera & Adami, 2016).

Ésta es la principal preocupación de los pacientes con enfermedades crónicas, los altos precios de los nuevos medicamentos y por otro lado los múltiples efectos secundarios que éstos desencadenan. La industria farmacéutica funge un papel crucial en la lucha de las enfermedades no transmisibles, cada vez es un desafío más importante porque se debe tomar en cuenta la salud de los pacientes y no el beneficio de la industria (Organización Mundial de la Salud, 2019).

### **2.3.2 Tratamientos Alternativos**

La utilización terapéutica de plantas medicinales como sustitutos de medicamentos farmacéuticos, se aplica desde la antigüedad, la medicina herbaria es la forma más antigua de la asistencia sanitaria, sin embargo, existe poca evidencia científica para consolidar a la medicina herbaria dentro del sistema de salud (Sambrano Intriago, *et al.*, 2015).

En la actualidad se busca consolidar y justificar el uso de plantas medicinales sobre la base del conocimiento científico que deriva del estudio farmacológico y la experimentación en el área de la fitoterapia (Valenzuela Soto, *et al.*, 2015).

Las plantas medicinales a finales del siglo XX alcanzaron una presencia cada vez mayor dentro la Medicina Occidental herbaria debido a que en 1978 en Alma Ata la Organización Mundial de la Salud (OMS) propuso a la Atención Primaria de Salud como una estrategia para involucrar a representantes de la medicina tradicional y sus métodos terapéuticos. Existen reportes que avalan a países como China, Cuba, Sri-Lanka, Tailandia que han inscrito oficialmente en sus programas de salud el uso de la medicina tradicional herbolaria, con el respaldo científico de algunas plantas medicinales. Lo anterior se debe a que las plantas poseen propiedades específicas de acuerdo a las moléculas bioactivas, el uso de las plantas como alternativa ha aumentado de manera importante para ayudar a mejorar el estado de salud en general y tratar enfermedades crónicas (Garzón Garzón, 2016).

#### **2.4 PLANTAS CON PROPIEDADES CURATIVAS**

La utilización de plantas medicinales ha ayudado en la mejora de la salud de pacientes con enfermedades crónicas, aunque, siempre ha existido la incertidumbre sobre su eficacia y la seguridad al momento de emplearlas (Álvarez, *et al.*, 2017).

La medicina tradicional indígena se comprende de prácticas médicas que han tenido su origen antes del periodo colonial, en los espacios sociales y geográficos de las comunidades indígenas; la metodología terapéutica se basa en la historia, la cosmovisión y la identidad cultural de los pueblos indígenas. Lo anterior, hace énfasis en la característica de arraigo a una tradición cultural que permite conocer de distintas medicinas tradicionales de acuerdo a la comunidad y la zona geográfica en donde se practique (González Barraza, *et al.*, 2017).

Las plantas medicinales producen metabolitos secundarios que son una fuente importante de antioxidantes que permiten prevenir o eliminar el daño oxidativo generado por las especies reactivas de oxígeno que se asocian al desarrollo de

enfermedades crónicas y degenerativas (Troya-Santos, *et al.*, 2017) (Valenzuela Soto, *et al.*, 2015).

Dichos compuestos bioactivos son útiles para la solución de problemas específicos de salud en el hombre; reflejándose así, el efecto de la naturaleza en la química y biología requerida para este proceso. Los médicos tradicionales tienen un amplio conocimiento de esta relación y de la importancia de estas plantas, no solo para el campo biomédico (diagnóstico, curación o prevención de enfermedades) sino también para el ordenamiento territorial y cultural de los grupos étnicos (Rosas Medina, *et al.*, 2020).

En diversas partes del mundo se realizan tratamientos alternativos con una gran variedad de plantas que ya han sido comprobadas mediante estudios científicos, algunas plantas son: el neem (*Azadirachta indica*), que en México es utilizado en infusiones como antimicrobiano, anticancerígeno y antioxidante, en Chile las plantas mayormente utilizadas en la medicina herbolaria son el matico (*Buddleja globosa*) conocido por su efecto cicatrizante debido a la presencia de saponinas y flavonoides, el maqui (*Aristotelia chilensis*) utilizado en el tratamiento de distintos tipos de cáncer, además de ser un efectivo hipoglucemiante (Gutiérrez Nava, *et al.*, 2019).

En el país de Ecuador también se utilizan un gran número de plantas para curar diversas afecciones, por mencionar algunas: el cade (*Phytelephas aequatorialis*) y la toquilla (*Carludovica palmata*) ambas utilizadas en el tratamiento de diferentes tipos de cáncer, el toronjil (*Melissa officinalis*) usado como tratamiento de enfermedades del corazón y el llaten (*Plantago major*) planta utilizada mayormente para las afecciones relacionadas con el hígado (Chávez Mejía, *et al.*, 2017).

Otros ejemplos de plantas ampliamente estudiadas y utilizadas en el medio etnobotánico son: el nopal (*Opuntia streptavantha*), la cebolla (*Allium cepum*), el diente de león (*Taraxacum officinale*), el melón amargo (*Momordica charantia*), entre otras, se ha comprobado su eficacia y seguridad en estudios realizados *in vivo* (Soria, 2018).

La utilización de plantas medicinales para el tratamiento de enfermedades crónico degenerativas se debe a los bajos costos, la disponibilidad del producto, así como los pocos efectos secundarios.

**Tabla 1. Plantas medicinales más estudiadas y utilizadas en México (fragmento)** (Chávez Mejía, *et al.*, 2017).

Nombre común y científico.	Parte utilizada.	Usos
Ajenjo, <i>Artemisia absinthium</i> .	Planta completa	Enfermedades gastrointestinales.
Albahaca <i>Ocimum basilicum</i> .	Partes aéreas	Enfermedades del hígado, riñones y vesícula biliar.
Buganvilla, <i>Bougainvillea glabra</i> .	Flores	Tos y bronquitis.
Chaparro amargo, <i>Castela texana</i> .	Tallo	Enfermedades gastrointestinales.
Espinosilla, <i>Loeselia mexicana</i> .	Planta completa	Fiebres, enfermedades respiratorias.
Estafiate, <i>Artemisia ludoviciana</i> .	Planta completa	Circulación de la sangre, infertilidad
Hierba mora, <i>Solanum nigrescens</i> .	Planta completa	Tumores, afecciones cutáneas.
Laurel, <i>Litsea glaucescen</i> .	Hojas	Reumatismo, infecciones cutáneas, quemaduras.
Manzanilla, <i>Matricaria chamomilla</i> .	Hojas y flores	Trastornos digestivos, trastornos respiratorios.
Pirul, <i>Schinud molle</i>	Hojas, semillas y fruto	Enfermedades genito-urinarias, antirreumáticas.
Ruda, <i>Ruta chalepensis</i>	Planta completa	Sedante, traumatismos, artritis.

Con respecto a la composición nutricional de las plantas medicinales se han realizado pocos estudios (Casal, *et al.*, 2017), pero la creciente necesidad por los alimentos nutraceuticos ha generado un interés por ellas debido a que se han encontrado cualidades antioxidantes que les brindan un importante potencial para ser usadas como alimentos funcionales (Benvenuti, *et al.*, 2016).

Los estudios realizados por Das, *et al.*, (2017) permiten comprobar la efectividad de los metabolitos en las flores de *Dregea volubilis*, esta especie es consumida en la India; al evaluarse sus extractos hidroalcohólicos *in vitro* se estableció su actividad antioxidante y antidiabética comprobando así su potencial terapéutico.

Es común en diferentes partes del mundo el empleo de plantas como medicina alternativa, en países como Irán, India y Egipto se utiliza como antihiperlipidémico a *Securigera securidaca* conocida como coronilla, (Rana M., *et al.*, 2015), por otro lado en China *Althaca rosea* es una planta utilizada como antidiabético (YI, *et al.*, 2015); el uso de flores con acción antiséptica, expectorante, diurética y antitumoral de ejemplares como la begonia, rosa, crisantemo, lila y tulipán ha sido reportado desde hace décadas (Loizzo, *et al.*, 2011).

*Pyrus pashia* es una especie empleada para consumo como material medicinal en la cultura oriental, debido al contenido de compuestos fenólicos, dichos compuestos juegan un papel importante en la actividad antioxidante; otras fuentes naturales para prevenir enfermedades por estrés oxidativo son especies como *Osamanthus fragrans*, *Poeonia lactiflora* y *Rosa rugosa* (He, *et al.*, 2015) (Chen, *et al.*, 2015).

De los macronutrientes presentes en las plantas comestibles los carbohidratos se encuentran en mayor concentración, seguidos de proteínas y cenizas; la presencia de una alta concentración de tocoferoles y ácidos grasos les permite ser consideradas como nuevos productos alimenticios (C.S.P Pires, *et al.*, 2017) (He, *et al.*, 2015).

## **2.5 SITUACIÓN ACTUAL DE LAS PLANTAS MEDICINALES**

En el mundo existen 17 países megadiversos, ocho de ellos se ubican en América Latina; de las especies vegetales que existen en el planeta solo el 10 % han sido estudiadas con fines terapéuticos (Lara Cortés, *et al.*, 2014).

Países desarrollados como Alemania, China, Japón, Estados Unidos y Francia son los principales mercados de plantas medicinales, los principales proveedores

de materia prima son Nepal, Sri Lanka, Bulgaria, China y Chile, éste tipo de mercado generó ventas de aproximadamente 30 mil millones de dólares en el año 2000 (Benvenuti, *et al.*, 2016)..

La importancia de las plantas medicinales para el cuidado de la salud es invaluable, la investigación y publicaciones científicas a nivel mundial se concentra en Norte América y el Sudeste Asiático con el 26.94 % y 26.39 % respectivamente, seguidos de Europa con un 22.15% y América Latina con un 6.05 % (Loizzo, *et al.*, 2011).

La Organización Mundial de la Salud reconoce las aportaciones de los científicos investigadores que promueven la utilización segura y eficaz de la utilización de plantas medicinales mediante la reglamentación, integración e investigación (Chen, *et al.*, 2015).

## **2.6 ESTUDIOS DE TOXICIDAD EN PLANTAS MEDICINALES**

La toxicología es una ciencia encargada de estudiar las sustancias tóxicas y las alteraciones que producen en el hombre. La evaluación de las plantas medicinales nos permitiría definir su eficacia, seguridad y calidad de ellas para utilizarlas en el ámbito medicinal (Saborit Rodríguez, *et al.*, 2020).

Existe una gran necesidad de realizar estudios de toxicología en las plantas y debido a esto se han hecho colaboraciones interdisciplinarias con botánicos, agrónomos, toxicólogos y farmacólogos; para la elaboración de productos farmacéuticos a partir de plantas se requiere información científicamente comprobada, datos de ensayos clínicos y los resultados obtenidos (Maldonado, *et al.*, 2020).

La seguridad en la utilización de los fitofármacos se sustenta en la literatura científica que demuestra su actividad farmacológica, eficacia clínica, así como su toxicidad; es de vital importancia el esfuerzo que realizan organismos internacionales en la evaluación de la información para que pueda ser publicada en plataformas confiables (Giardini Bonfim, *et al.*, 2018).

El análisis de las plantas debe estar enfocado en la identificación de compuestos fitoquímicos y principios activos, esto con el objetivo de obtener patentes y avanzar en la formulación de medicamentos a partir de productos vegetales que permitan mejorar la salud con ayuda de la medicina complementaria (Lima Sarmiento, *et al.*, 2021).

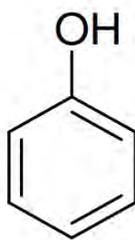
## **2.7 COMPUESTOS FENÓLICOS**

Son los principales metabolitos secundarios de las plantas, distribuidos con frecuencia en frutas, verduras y cereales, se dividen en dos grandes grupos: flavonoides y no flavonoides, conocidos por su capacidad antioxidante y su capacidad de quelar metales. Químicamente se definen como aquella sustancia que posee un anillo aromático con uno o más grupos hidroxilo (Gallegos Zurita, 2016).

Sus estructuras químicas y actividades metabólicas son específicas; la identificación de compuestos fenólicos de plantas se ha convertido en un área potencial de investigación, los estudios sugieren que una mayor ingesta de vegetales y frutas se asocia con una menor incidencia de enfermedades crónicas degenerativas debido a la cantidad de vitaminas y compuestos fenólicos presentes en dichos alimentos, la biodisponibilidad de los compuestos depende de diversos factores como las prácticas agrícolas, procesos industriales o el propio metabolismo (Cunningham, 2015).

### **2.7.1 Estructura Química y Clasificación**

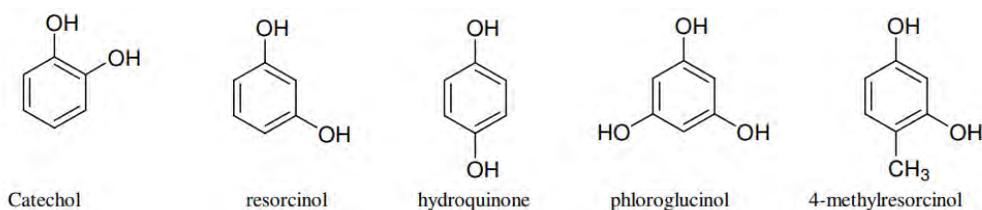
La estructura básica principal es el fenol, se compone de un anillo aromático unido a un grupo hidroxilo (OH), el anillo aromático juega un papel importante en las propiedades antioxidantes de cada compuesto, en la **Figura 1** se muestra la estructura del fenol (Peñarrieta J, *et al.*, 2014).



**Figura 1. Fenol** (Peñarrieta J, *et al.*, 2014)

### 2.7.2 Fenoles Simples

Estos compuestos se caracterizan por tener en su anillo aromático dos o tres grupos hidroxilo, en la **Figura 2** se muestran algunos ejemplos, cabe señalar que poseen actividad biológica como antibióticos y antiparasitarios (D. A, 2018).

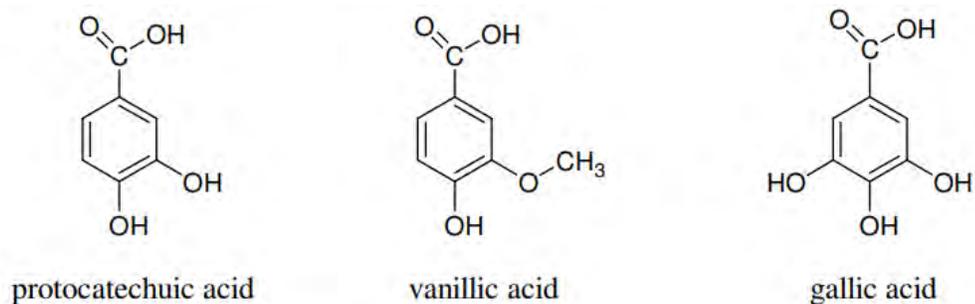


**Figura 2. Compuestos fenólicos simples** (D. A, 2018).

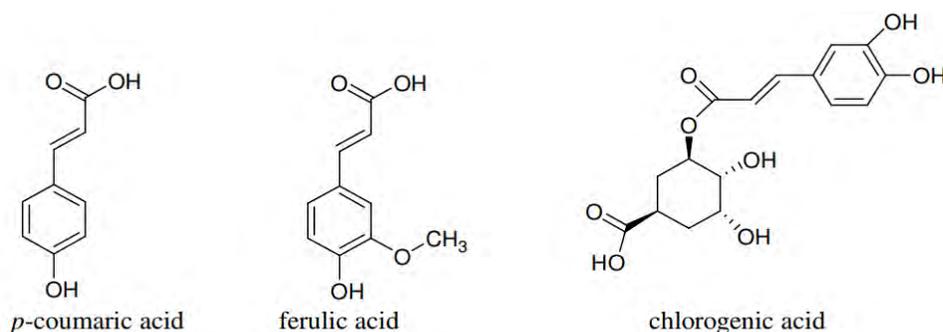
### 2.7.3 Fenoles Ácidos

Los fenoles ácidos se componen en dos grupos: ácidos hidroxibenzoicos (**Figura 3**) y ácidos hidroxicinámicos (**Figura 4**), éstos son más efectivos en la actividad antioxidante debido a la presencia de más de un grupo hidroxilo y la separación del anillo aromático del grupo carbonilo (Ormaza, *et al.*, 2018).

Las uvas, manzanas, arándanos, espinacas y café son ejemplos de fuentes importantes de ácidos hidroxicinámicos, por otro lado los ácidos hidroxibenzoicos se encuentran en cereales y verduras.



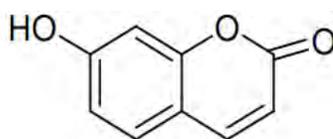
**Figura 3. Ácidos hidroxibenzoicos** (Ormaza, *et al.*, 2018).



**Figura 4. Ácidos hidroxicinámicos** (Ormaza, *et al.*, 2018).

#### 2.7.4 Cumarinas

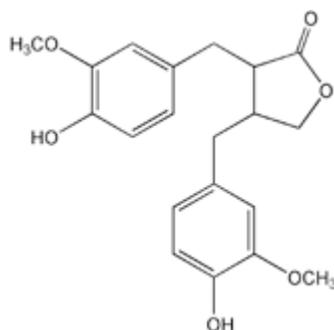
Las cumarinas (**Figura 5**) se encuentran en plantas y hortalizas, estudios demuestran que poseen actividad antioxidante y antibacteriana.



**Figura 5. Umbeliferona** (Peñarrieta *et al.*, 2014)

#### 2.7.5 Lignanos y Ligninas

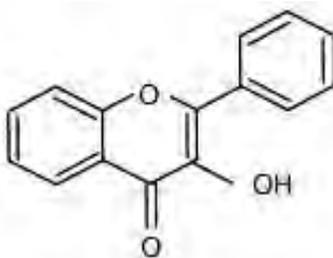
Son compuestos que se derivan de la fenilalanina y alcohol cinámico, su función en la planta es estructural, proporcionan soporte en el transporte del agua a través de los tejidos (**Figura 6**), poseen actividad antioxidante importante, y son considerados como una fuente de fitoestrógenos (Peñarrieta *et al.*, 2014).



**Figura 6. Lignano** (Peñarrieta *et al.*, 2014)

### 2.7.6 Flavonoides

Son polifenoles presentes en las plantas en forma de pigmentos, su acción es proteger de los daños causados por agentes externos oxidantes (**Figura 7**). Son potentes antioxidantes y tienen la capacidad de quelar metales (Martínez Flores *et al.*, 2002).

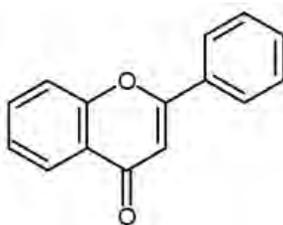


Flavonol

**Figura 7. Estructura básica de un flavonoide** (Martínez Flores *et al.*, 2002).

### 2.7.7 Flavonas y Flavanoles

La principal propiedad biológica de las flavonas es la antiinflamatoria (**Figura 8**), los flavanoles inhiben la síntesis de lípidos en las células (Acosta Otalvaro, *et al.*, 2021).



**Figura 8. Estructura de una flavona** (Acosta Otalvaro, *et al.*, 2021).

## **2.8 COMPUESTOS FENÓLICOS EN PLANTAS**

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios y actúan como protectores de las plantas, ante radiaciones ultravioleta, forman pigmentos, regulan interacciones entre la planta y los microorganismos, presentan una producción restringida que depende del género, familia o especie de la planta (Torres Guevara & Ganoza Yupanqui, 2017)

El interés de realizar investigaciones para conocer y comprobar el potencial de los compuestos fenólicos de las plantas ha incrementado, estudios avanzados demuestran que los grupos fenólicos reducen la oxidación celular y se encuentran en el plasma de los organismos vegetales (Martín, 2017).

## **2.9 IDENTIFICACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS**

Existen diversos métodos para la identificación y cuantificación de fenoles; la resonancia magnética nuclear de carbono e hidrógeno es una técnica que permite conocer el tipo de hidrógenos y carbonos presentes en la molécula; otra técnica es la cromatografía de gases acoplada a detectores selectivos de masas. También la cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) es usada para identificar polifenoles; la cromatografía líquida acoplada a detectores UV-visible de diodo (HPLC-UV) también realiza identificación de algunos compuestos. Para cuantificar contenidos totales de polifenoles se utiliza el método Folin-Ciocalteu, se basa principalmente en la reactividad de los polifenoles con el Folin-Ciocalteu a pH básico, de esta manera se hace la cuantificación y por medio de espectrofotometría se lee a 730 nanómetros (Cuesta Parra & Correa Mahecha, 2018) (González Islas, *et al.*, 2019).

## **2.10 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS**

Gracias al poder antioxidante de los fenoles existe una variedad de beneficios entre ellos la capacidad antiinflamatoria, anticáncer, antimicrobiana, entre otras (Sepúlveda T & Zapata E, 2019).

La capacidad antioxidante está relacionada principalmente a la presencia de polifenoles, ya que tienen la capacidad de atrapar o inhibir la producción de radicales libres, por ejemplo, los flavonoides capturan a los radicales libres y

generan un radical flavínivo, por otro lado las flavanonas poseen la capacidad de quelar iones metálicos como el cobre y hierro, así se evita la formación de especies reactivas al oxígeno (Santacruz Terán & Mantuano Morán, 2021).

### **2.11 ACTIVIDAD ANTICANCERÍGENA**

En las últimas décadas se han realizado estudios epidemiológicos donde se evalúa el efecto de los hábitos alimenticios y el desarrollo de enfermedades del corazón y cáncer, en los estudios se encontró que el consumir polifenoles estaba asociado a la mejora de las enfermedades y evitar problemas futuros con estas enfermedades (Lizárraga Velázquez, *et al.*, 2018).

Los estudios se basan en identificar los posibles mecanismos de acción que poseen los polifenoles en la prevención del cáncer, algunos mecanismos son la actividad estrogénica, antiestrogénica, antiproliferativa y el bloqueo del ciclo de las células cancerosas, además de la oxidación de enzimas específicas como las relacionadas con la detoxificación; con las investigaciones se espera que la combinación de los mecanismos anteriores sea la responsable de prevenir y proteger mediante la inhibición del daño oxidativo del ADN, dicha oxidación es la principal causa de mutaciones (Olmedo Agudo, *et al.*, 2016) (Qu, *et al.*, 2018) (Wilke, *et al.*, 2020).

### **2.12 ÁRNICA AMARILLA *Grindelia eligulata*, (Steyerm.) GL Nesom**

#### **2.12.1 Distribución Geográfica**

La familia *Asteraceae* es de origen mexicano, se ha registrado en estados como Coahuila, Durango, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz, su hábitat es principalmente en lugares con drenaje deficiente, en medio de bosques y pastizales (Rzedowski & Rzedowski, 2001).

#### **2.12.2 Identificación y Descripción**

*Grindelia eligulata* es una hierba perenne de aproximadamente 50 centímetros de altura, su tallo es ascendente, puede ser simple o ramificado con pelillos, sus hojas son basales alternas y cortas elípticas con margen aserrado, llegan a medir

hasta nueve centímetros de largo, las inflorescencias están compuestas de cabezuelas que ubican en los extremos de los tallos, aunque tienen aspecto de flores se trata de una inflorescencia formada por diminutas flores sésiles sobre un receptáculo plano, sus frutos contienen una sola semilla (**Figura 9**) (CONABIO, 2001).



**Figura 9.** *Grindelia eligulata* (Rzedowski & Rzedowski, 2001).

### **2.12.3 Taxonomía**

*Grindelia* fue descrita por Carl Ludwing Willdenow en 1807, la familia *Asteraceae* tiene aproximadamente 161 especies descritas y solo 61 han sido aceptadas (CONABIO, 2001).

**Reino:** *Plantae*

**Familia:** *Asteraceae*

**División:** *Magnoliophyta*

**Clase:** *Magnoliopsida*

**Subclase:** *Asreriidae*

**Orden:** *Asterales*

### **2.12.4 Usos Tradicionales**

El género *Grindelia* se comprende aproximadamente de 65 especies de plantas, están recubiertas por una resina pegajosa con un olor balsámico muy característico, en América Latina los nativos utilizaban las plantas para solucionar problemas respiratorios, asma, bronquitis, tos, además como un potente

antiinflamatorio a nivel cutáneo (Sugier, *et al.*, 2019). En México se utiliza para el alivio de hematomas cutáneos, se comercializa de manera tradicional en cremas y ungüentos.

### **2.13 ÁRNICA MORADA *Machaeranthera tanacetifolia*, (Kunth) Nees**

#### **2.13.1 Distribución Geográfica**

Originaria del norte de México y suroeste de Estados Unidos, es una planta que crece en diversos tipos de hábitat tanto en zonas áridas y semiáridas, se distribuye en estados como Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas (CONABIO, 2021).

#### **2.13.2 Identificación y Descripción**

Planta anual o bianual de la familia *Asteraceae*, crece con tallos ramificados de hasta 70 centímetros de altura, sus hojas multilobuladas miden 12 centímetros de largo, su inflorescencia tiene una o más cabezas de flores con fillarios puntiagudos, en el centro poseen floretes amarillos con un largo de dos centímetros y el fruto es un aquenio de aproximadamente un centímetro (**Figura 10**) (Estrada Castellón & Villareal Quintanilla, 2010).



**Figura 10.** *Machaeranthera tanacetifolia* (Rzedowski & Rzedowski, 2001).

#### **2.13.3 Taxonomía**

El género fue descrito por el botánico Christian Gottfried Daniel Nees von Esenbeck, publicado en *Genera et Species Asterearum*. Dicho género consta de 127 especies descritas, 25 de ellas aceptadas.

**Reino:** *Plantae*

**Familia:** *Asteracea*

**Orden:** *Asterales*

**División:** *Magnoliophyta*

**Género:** *Machaeranthera*

**Especies:** *M. tanacetifolia*

**Orden:** *Asterales*

#### **2.13.4 Usos Tradicionales**

En el norte de México el árnica morada es empleada de manera tradicional para el alivio de hematomas causado por contusiones, su uso es externo en compresas. Además alivia raspaduras y ámpulas ya que es un agente antibacteriano, evita infecciones (Waizwl Bucay & Cruz Juárez, 2014).

#### **2.14 YERBANÍS *Tagetes lucida*, (Cav)**

##### **2.14.1 Distribución Geográfica**

*Tagetes lucida* es originaria de México y Guatemala, se distribuye desde el noreste de México en los estados de Aguascalientes, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tabasco y Tlaxcala. Se puede encontrar en zonas de llanos, campos y orillas de carreteras, su hábitat son los pastizales y bosques de *Quercus* y coníferas en la selva baja caducifolia, crece en lugares de clima templado (CONABIO, 2021).

##### **2.14.2 Identificación y Descripción**

El yerbanís, (**Figura 11**) también conocido como pericón es una planta herbácea perenne de hasta 80 centímetros de alto, con tallos ramificados, las hojas son simples, opuestas y sésiles redondeadas del ápice, miden de dos a diez centímetros de largo. La inflorescencia está formada por cabezuelas en corimbos sobre pedúnculos bracteados, las flores liguladas con un largo de cuatro a seis

milímetros, sus frutos y semillas son aquenios lineales negruzcos de tres a cinco milímetros de largo, su olor es a anís al momento de estrujar la planta (Rzedowski & Rzedowski, 2001).



**Figura 11.** *Tagetes lucida* (CONABIO, 2021)

### **2.14.3 Taxonomía**

*Tagetes lucida* se describió en 1794 por el botánico y naturalista Antonio José de Cavanilles en el libro *Icones et Descriptiones Plantarum*.

**Reino:** *Plantae*

**Familia:** *Asteraceae*

**División:** *Magnoliophyta*

**Clase:** *Magnoliopsida*

**Orden:** *Asterales*

**Género:** *Tagetes*

### **2.14.4 Usos Tradicionales**

El yerbanís es utilizado en México dentro de la medicina tradicional en forma de infusiones, para aliviar dolencias del aparato digestivo, dolor abdominal, diarreas, vómito, etc. Otros usos se derivan de su agradable color mostaza ya que se utiliza como pigmento natural en tejidos (Pérez Ortega, *et al.*, 2016).

## **2.15 ROSA DE CASTILLA** *Rosa gálica.* (L)

### **2.15.1 Distribución Geográfica**

Es una especie originaria de Europa y Asia occidental, en México es conocida como rosal de castilla o rosal castellano (**Figura 12**), florece a finales de primavera o a comienzos del verano. El cultivo del rosal es sencillo, en suelos drenados y con exposición al sol o media sombra (Ortíz Palacios, *et al.*, 2021).

### **2.15.2 Identificación y Descripción**

La *rosa gallica* es una especie fácil de cultivar, es un arbusto que puede alcanzar los dos metros de altura, sus tallos están provistos de espinas, las hojas cuentan con capaz de color verde azul, las flores son simples con cinco pétalos de tono rosado y con olor peculiar, sus frutos son de forma ovoide y al madurar son color marrón (Naturalista, 2021).

### **2.15.3 Taxonomía**

*Rosa gallica* fue descrita en 1753 por el científico naturalista Carlos Linneo en el libro *Species Plantarum*.

**Reino:** *Plantae*

**Familia:** *Rosaceae*

**División:** *Magnoliophyta*

**Clase:** *Magnoliopsida*

**Orden:** *Rosales*

**Género:** *Rosa*



**Figura 12.** *Rosa gallica* (Naturalista, 2021).

#### **2.15.4 Usos Tradicionales**

La rosa de castilla es utilizada en muchos estados de la república mexicana, su infusión se usa con fines cosméticos debido a sus comprobadas propiedades antioxidantes y antisépticas. Como remedio casero el té se emplea para reducir el estrés y nerviosismo, además los baños de pétalos de rosas son útiles para calmar la irritación en pieles sensibles y en quemaduras (Hee Lee, *et al.*, 2018).

#### **2.16 HIERBA DE SAN NICOLÁS** *Chrysactinia mexicana* (A. Gray)

##### **2.16.1 Distribución Geográfica**

Planta de origen mexicano, el género *Chrysactinia* se constituye de seis especies, se distribuye desde el centro al noreste de México y en parte del suroeste de los Estados Unidos. Habita en bosques de encino y pino; en bosques tropicales caducifolios y pastizales. En México se encuentra en los estados de Aguascalientes, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí y Tamaulipas (Villaseñor & Redonda Martínez, 2009).

##### **2.16.2 Identificación y Descripción**

*Chrysactinia mexicana* (**Figura 13**) predomina en comunidades vegetales de ambientes templados, es un arbusto que mide de 20 a 40 centímetros de alto, tallos glabros y hojas alternas simples, normalmente presenta una flor por cada rama, posee hojas con lóbulos, las flores son radiadas de color amarillo, los

aquenos se dispersan por medio del viento y florea todos los meses del año (Silvia Mares, *et al.*, 2019).

### 2.16.3 Taxonomía

El género fue descrito por el naturalista Asa Gray y publicado en la revista *Memoirs of the American Academy of Arts and Science*

**Reino:** *Plantae*

**Familia:** *Asteraceae*

**División:** *Magnoliopsida*

**Clase:** *Magnoliopsida*

**Orden:** *Asterales*

**Género:** *Chrysactinia*



**Figura 13.** *Chrysactinia mexicana*, (A. Gray)

### 2.16.4 Usos Tradicionales

En el norte de México se utiliza en forma de infusiones para el tratamiento de enfermedades respiratorias e infecciones en la piel, los tallos y hojas son utilizados como diurético, además se recomiendan los tés de hierba de San Nicolás para las mujeres que no pueden concebir hijos (Medina, *et al.*, 2021)

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 MATERIAL BIOLÓGICO

El material vegetal se colectó de diferentes sitios del estado de Coahuila de Zaragoza.

El árnica amarilla (*Grindelia eligulata*) y el árnica morada (*Machaeranthera tanacetifolia*) se recolectó en el ejido la Angostura, municipio de Saltillo, Coahuila al costado de la carretera libre Saltillo-Zacatecas.

La muestra de rosa de castilla (*Rosa gallica*) se colectó en el ejido Forlón, municipio de Ramos Arizpe Coahuila en el kilómetro 62 de la carretera Saltillo-Monclova.

El yerbanís (*Tagetes lucida*) se recolectó en Saltillo, Coahuila, al costado de la carretera libre Saltillo-México, a la altura del kilómetro 16.

La hierba de San Nicolás (*Chrysactinia mexicana*) fue colectada en las faldas del cerro del pueblo en la ciudad de Saltillo Coahuila.

### 3.2 PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS

Para el proceso de deshidratación el árnica morada (*Grindelia eligulata*), árnica amarilla (*Machaeranthera tanacetifolia*), rosa de castilla (*Rosa gallica*), yerbanís (*Tagetes lucida*) y hierba de San Nicolás (*Chrysactinia mexicana*) se colocaron en una estufa de secado marca Robertshaw a una temperatura de 60°C para eliminar el exceso de humedad.

En cuanto a la molienda de las muestras, una vez deshidratadas, se disminuyó el tamaño de partícula para su conservación y evaluación, se obtuvo un polvo homogéneo y se almacenó en frascos cubiertos y cerrados herméticamente para la utilización en determinaciones posteriores.

### 3.3 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

Consistió en una determinación por triplicado de la materia seca total, cenizas, grasa cruda, proteína y fibra cruda mediante los procedimientos descritos por la AOAC (1996).

### 3.3.1 Determinación de Materia Seca Total

En un crisol de porcelana a peso constante se añadieron 2 gramos de muestra, se secó a una temperatura de 100 °C durante 24 horas (AOAC, 1996); posteriormente se dejó atemperar en un desecador, recabados los datos se realizaron los cálculos correspondientes mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ de materia seca total} = \left( \frac{\text{crisol con muestra seca} - \text{crisol solo}}{\text{gramos de muestra}} \right) \times 100$$

### 3.3.2 Determinación de Cenizas

Se tomaron 2 gramos de muestra en un crisol a peso constante, los crisoles se llevaron a una mufla marca Adventurer a una temperatura de 550 °C durante 4 horas. Los cálculos se realizaron mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de Cenizas} = \left( \frac{\text{gramos muestra calcinada}}{\text{gramos de muestra}} \right) \times 100$$

### 3.3.3 Determinación de Extracto Etéreo

El contenido de grasas se realizó mediante el método Soxhlet (1879), para ésta determinación se pesaron 4 gramos de muestra y se colocaron en un dedal de celulosa, los dedales se introdujeron en un sifón unido a un matraz bola a peso constante con un volumen de 200 mililitros de hexano; se montó el sistema de extracción y se mantuvo una circulación constante durante 8 horas. Posteriormente los matraces se llevaron durante 24 horas a una estufa a 60 °C para evaporar el exceso de solvente, finalmente se pesaron y el porcentaje de grasa se obtuvo mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ de Grasa} = \left( \frac{(\text{gramos del matraz con residuo graso} - \text{gramos del matraz})}{\text{gramos de la muestra}} \right) \times 100$$

### 3.3.4 Determinación de Proteína Cruda

Ésta determinación se realizó por el método Kjeldhal colocando 1 gramo de muestra sobre papel filtro, después se introdujeron en matraces Kjeldhal y se le añadió 50 mililitros de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado y 5 gramos de catalizador, los

matraces se colocaron en el equipo digestor a una temperatura de 100 °C hasta obtener un color cristalino. Una vez frías las muestras se le adicionaron 300 mL de agua destilada, 100 mL de hidróxido de sodio al 45 % y 5 gramos de zinc, y se conectaron al equipo en la parte destiladora, recibiendo el destilado en matraces Erlenmeyer, a los cuales se les colocó ácido bórico al 4 % y se recuperaron 200 mL de destilado, el último paso fue la titulación, se agregaron 4 gotas de indicador mixto (rojo de metilo y verde de bromocresol), se tituló con ácido sulfúrico al 0.10928 normal (N), el nitrógeno obtenido en la determinación se calculó siguiendo la presente formula:

$$\begin{aligned} & \% \text{ de Nitrogeno} \\ & = \left( \frac{\text{ml gastados} \times 0.10928 \text{ Normalidad del ácido sulfurico} \times 0.014}{\text{gramos de muestra}} \right) \times 100 \end{aligned}$$

Y el resultado del % de N se multiplica por el factor (6.25 para obtener el % de proteína cruda).

### 3.3.5 Determinación de Fibra Cruda

La fibra se determinó mediante dos fases, una fase ácida y otra básica; se colocaron en vasos Berzelius 2 gramos de muestra desgrasada y 100 mililitros de ácido sulfúrico 0.255 Normal (N), los vasos se sometieron a ebullición por un lapso de 30 minutos, transcurrido el tiempo, las muestras se lavaron con abundante agua destilada, la fibra obtenida se colocó nuevamente en el vaso de Berzelius con 100 mL de Hidroxido de Sodio 0.313 (N) sometiéndose a ebullición por 30 minutos, transcurrido el tiempo se lavaron con agua destilada caliente y la fibra obtenida se pasó a crisoles porcelana y fueron introducidos a una estufa marca Robertshaw a 100 °C durante 24 horas. Transcurrido el tiempo se registró el peso de los crisoles para después ser llevados a la mufla marca Adventurer durante cinco horas a una temperatura de 500 °C. El porcentaje de fibra se determinó mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ de fibra} = \left( \frac{\text{peso crisol muestra seca} - \text{peso crisol con cenizas}}{\text{gramos de muestra}} \right) \times 100$$

### **3.4 DETERMINACIONES FISICO-QUÍMICAS**

Para la realización de la determinaron los azúcares totales, azúcares reductores, fenoles totales, taninos condensados e hidrolizables se realizaron extractos acuosos por el método de percolación con un volumen 1:5.

#### **3.4.1 Determinación de Azúcares Totales y Reductores**

Se evaluaron por los métodos reportados por Dubois (1956) con fenol-sulfúrico y por el método de Miller, (1989) con DNS, se leyó a 480 nm para azúcares totales y 540 nm para azúcares reductores. Se realizó una curva patrón de sacarosa para azúcares totales y una curva patrón de dextrosa para azúcares reductores.

#### **3.4.2 Determinación de Fenoles Totales**

Esta determinación se realizó por el método Folin-Ciocalteu. Se colocaron 20µL de extracto en un tubo de ensayo, para diluir la muestra se añadieron 380µL de agua destilada, al mismo tubo se le adicionaron 400µL del reactivo comercial Folin Ciocalteu, se agitó en vórtex y se dejó reposar durante cinco minutos, después se colocaron 400µL de carbonato de sodio 0.001 M se agitó y se dejó reposar por cinco minutos. Finalmente se adicionaron 2 mL de agua destilada. Las lecturas se realizaron mediante espectrofotometría a 725 nm, la curva de calibración se elaboró con ácido gálico.

#### **3.4.3 Determinación de Taninos Condensados**

La determinación de taninos condensados se llevó a cabo por el método HCL-Butanol, se colocaron 500 µL de extracto en tubos de ensaye con tapa, se añadieron 3 mL de HCL-Terbutanol y 0.1 mL de reactivo férrico, los tubos se cerraron y se colocaron durante una hora en un baño a 100°C. Transcurrido el tiempo se dejaron atemperar y se leyeron a 460 nm; se realizó una curva de calibración con catequina.

### **3.5 CROMATOGRAFÍA EN COLUMNA**

Los materiales utilizados en esta técnica fueron los siguientes: columna de vidrio, algodón, fase estacionaria (Amberlite <sup>TM</sup> XAD16), etanol, vasos de precipitado, agua destilada y una fase móvil (extracto acuoso). Se colocó una almohadilla de

algodón en la parte inferior de la columna, la fase estacionaria se empacó a través de la columna de vidrio y se colocó un vaso de precipitado en el extremo inferior de la columna, se vertió el extracto permitiendo que los compuestos fueran absorbidos por la fase estacionaria, se realizó una primera elución con agua destilada, esto con el objetivo de remover los compuestos de menor interés, entre ellos los azúcares; posteriormente se realizó una segunda elución, pero con etanol al 70 % con el fin de concentrar y recuperar las fracciones fenólicas. Una vez concentrados los polifenoles se sometieron a evaporación para eliminar el solvente y los compuestos fueron recuperados en forma de polvo y almacenados para la siguiente determinación.

### **3.6 CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA DE ALTA EFICACIA (HPLC).**

Los análisis por cromatografía líquida se realizaron en un sistema Varian HPLC que incluye un muestreador automático (Varian ProStar 410, EE. UU.), una bomba ternaria (Varian ProStar 230I, EE. UU.) Un detector PDA (Varian ProStar 330, USA.). Se utilizó un espectrómetro de masas con trampa de iones de cromatógrafo de líquidos (Varian 500-MS IT Mass Spectrometer, EE.UU.) equipado con una fuente de iones por electro pulverización. Se inyectaron muestras de 5 µl en una columna Denali C18. La temperatura del horno se mantuvo a 30 ° C. En cuanto a los eluyentes fueron ácido fórmico (0,2%, v / v) y acetonitrilo, la columna se lavó y se reacondicionó. El caudal se mantuvo a 0,2 ml / min y la elución se controló a 245, 280, 320 y 550 nm. Se inyectó el efluente (0,2 ml / min) en la fuente del espectrómetro de masas, sin dividir. Se utilizó nitrógeno como gas nebulizador y helio como gas amortiguador. Los datos se recopilaron y procesaron mediante el software MS Workstation (V 6.9). Las muestras fueron analizadas en modo de barrido completo adquiridas en el rango m/z 50-2000. Los análisis MS/MS se realizaron en una serie de iones precursores seleccionados.

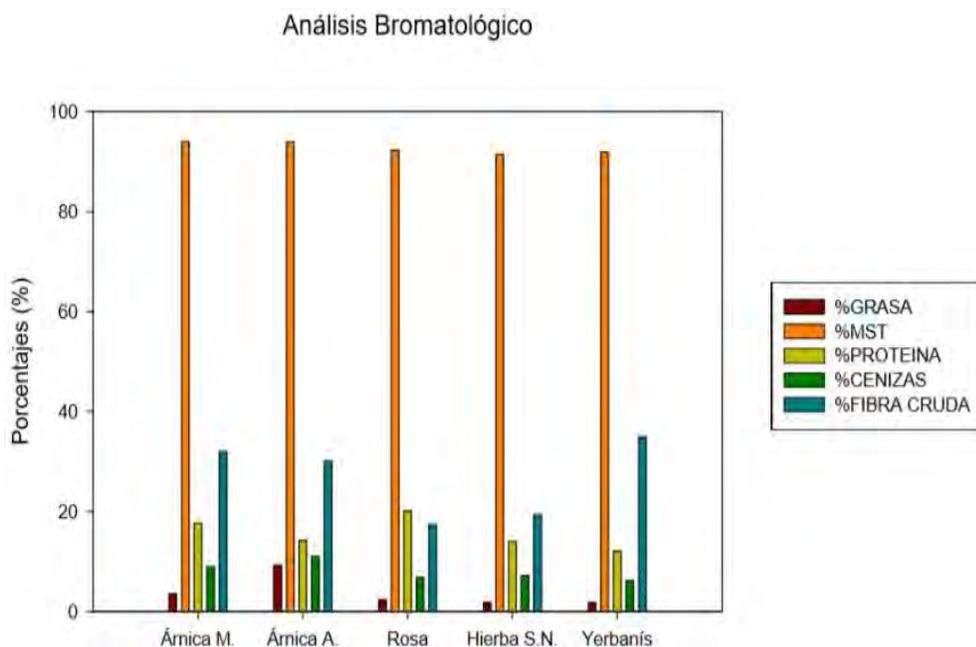
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 ANÁLISIS PROXIMAL

En la **Figura 14** se puede observar la compilación de porcentajes obtenidos en cada planta estudiada, hablando de la serie de grasas el árnica morada presentó un mayor porcentaje (9.28 %), seguida del árnica amarilla con 3.58 %, la rosa de castilla con 2.37 % y finalmente el yerbanís y la hierba de San Nicolás con 1.83 % y 1.82 % respectivamente. En la serie de materia seca las plantas no presentan diferencia significativa, los valores oscilan entre el 91 % y 93 %, en cuanto a los porcentajes de proteína cruda la planta sobresaliente es la rosa de castilla con un 20.14 %, el segundo puesto lo obtuvo el árnica amarilla con el 17.68 %, seguida del árnica morada con 14.27 %, la hierba de San Nicolás con 14.02 % y el yerbanís con 12.13 %.

En el porcentaje de cenizas la planta con el mayor contenido fue el árnica morada (11.01 %), el árnica amarilla (8.95 %), la hierba de San Nicolás (7.21 %), la rosa de castilla (6.85 %), y finalmente el yerbanís (6.23 %). En la determinación de fibra cruda, la planta con mayor porcentaje fue el yerbanís con 34.91 %, posteriormente el árnica amarilla 31.99 %, el árnica morada con 30.05 %, la hierba de San Nicolás 19.29 % y la rosa de castilla 17.53 %.

Es muy necesaria la caracterización bromatológica, nos indica el estado general en que se encuentra nuestra muestra y nos permite conocer el valor energético de la misma; estudios reportados por diversos autores con respecto a plantas medicinales desérticas presentan porcentajes de cenizas, proteína, grasas, fibra muy parecidos a los reportados en esta investigación (Sol Sánchez, *et al.*, 2016).



**Figura 14. Concentración de datos del análisis proximal**

## 4.2 CUANTIFICACIÓN DE AZÚCARES TOTALES

Ésta determinación se realizó aplicando el método Dubois (1959), se utilizó sacarosa como estándar, comparando las soluciones patrón mediante espectrofotometría. En la **Tabla (2)** se presentan los resultados de las cinco plantas en mg/g de muestra, la planta con una mayor concentración de azúcares fue la hierba de San Nicolás, seguida de la rosa de castilla, el yerbanís, el árnica morada y finalmente el árnica amarilla.

**Tabla 2. Azúcares totales en mg/g de Sacarosa**

Nombre común	Nombre científico	Sacarosa mg/g
Árnica amarilla	<i>Grindelia eligulata</i>	244.0221±0.3340
Árnica morada	<i>Machaeranthera tanacetifolia</i>	268.0007±0.5567
Rosa de Castilla	<i>Rosa gallica</i>	328.6864±0.3340
San Nicolás	<i>Chrysactinia mexicana</i>	362.8221±0.3340
Yerbanís	<i>Tajetes lucida</i>	298.3435±0.5567

### 4.3 AZÚCARES REDUCTORES

En este caso se utilizó glucosa para la curva parón, en la **Tabla 3** se observan los resultados considerando los factores de dilución de los extractos acuosos; la planta con un mayor número de azúcares reductores fue la rosa de castilla, seguida de la hierba de San Nicolás, el árnica amarilla, el árnica morada y el yerbanís no presentaron diferencia significativa estando por debajo de los 65 mg/g de glucosa.

**Tabla 3. Azúcares reductores en mg/g de Glucosa**

Nombre común	Nombre científico	Glucosa mg/g
Árnica amarilla	<i>Grindelia eligulata</i>	45.7741±0.2742
Árnica morada	<i>Machaeranthera tanacetifolia</i>	44.6658±0.5484
Rosa de Castilla	<i>Rosa gallica</i>	253.1908±0.5484
San Nicolás	<i>Chrysactinia mexicana</i>	114.9658±0.2742
Yerbanís	<i>Tajetes lucida</i>	64.7741±0.2742

### 4.4 CUANTIFICACIÓN DE TANINOS CONDENSADOS

En la **Tabla 4** se observan los resultados analizados, el árnica morada y la rosa de castilla no presentan diferencias significativas con una concentración de 342.2111 mg/g y 340.4166 mg/g de equivalentes de catequina, respectivamente. Los taninos son flavonoides presentes en tejidos vegetales y cortezas de árboles, son un mecanismo de defensa en las plantas (Cabrera Carrión, *et al.*, 2017). El árnica amarilla presenta un contenido de 247.5277 mg/g de taninos condensados, seguida de la hierba de San Nicolás con 213.3227 mg/g y finalmente el yerbanís con 138.1722 mg/g. La mayor cantidad de taninos se encuentra en las cascarras y la cantidad varía de acuerdo a la parte del fruto a analizar, las frutas que presentan un mayor contenido de estos compuestos son las bayas salvajes (Barwant & Dawange, 2020).

**Tabla 4. Taninos condensados en mg/g de Catequina.**

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Catequina mg/g</b>
Árnica amarilla	<i>Grindelia eligulata</i>	247.5277±0.1828
Árnica morada	<i>Machaeranthera tanacetifolia</i>	342.2111±0.7313
Rosa de Castilla	<i>Rosa gallica</i>	340.4166±0.5484
San Nicolás	<i>Chrysactinia mexicana</i>	213.3227±1.8282
Yerbanís	<i>Tajetes lucida</i>	138.1722±0.3656

#### 4.5 CUANTIFICACIÓN DE FENOLES TOTALES

La determinación de fenoles en los extractos acuosos se realizó por el método de Folin-Ciocalteu (Makkar, 1993), utilizando ácido gálico como estándar; a continuación, se presenta la **Tabla 5** con la concentración de datos.

La rosa de castilla presentó una elevada concentración de fenoles totales (75.1054mg/g) seguida del árnica morada (55.2873 mg/g), la hierba de San Nicolás (49.50.81 mg/g), el árnica amarilla (35.8915) y el yerbanís (26.8401 mg/g).

La literatura reporta que el contenido de compuestos fenólicos está relacionado con actividades biológicas importantes, ya que se ha comprobado su efecto antibiótico, antiparasitario, antiséptico, anticancerígeno, antioxidante, etc. (Pacheco & Blanco, 2020) (Mazimba, *et al.*, 2015).

**Tabla 5. Concentración de fenoles totales en mg/g de Ácido gálico**

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Ácido gálico mg/g</b>
Árnica amarilla	<i>Grindelia eligulata</i>	35.8915±0.0914
Árnica morada	<i>Machaeranthera tanacetifolia</i>	55.2873±0.1828
Rosa de Castilla	<i>Rosa gallica</i>	75.1054±0
San Nicolás	<i>Chrysactinia mexicana</i>	49.5081±0.0914
Yerbanís	<i>Tajetes lucida</i>	26.8401±0.0914

#### 4.6 RESULTADOS HPLC-MS

En la **Tabla 6** se muestran los resultados de los compuestos identificados en los extractos acuosos; la planta que presentó un mayor número de compuestos fue la hierba de San Nicolás, en su mayoría ácidos hidroxicinámicos, estudios relacionan a estos compuestos con propiedades antitumorales, anticancerígenas y antiinflamatorias (Ahmiane, 2016) (Pérez Chauca, *et al.*, 2020).

El extracto acuoso de rosa de castilla presentó alrededor de siete compuestos, entre ellos, flavonas, lignanos y flavonoles; revisando investigaciones previas, autores reportan que la rosa de castilla presenta propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antivirales y anticancerígenas (Wang, *et al.*, 2015) (Lazalde Ramos, *et al.*, 2016). Las flavonas, lignanos y flavonoles presentan propiedades principalmente antitumorales y anticancerígenas, se han realizado estudios *in vitro* e *in vivo* para comprobar su eficacia (González Barraza, *et al.*, 2017) (Ortega Cabello, *et al.*, 2018).

Con respecto al yerbanís, ésta planta presentó cuatro tipos de compuestos entre ellos ácidos hidroxibenzoicos, lignanos, metoxiflavonas, y ácidos metoxicinámicos, el yerbanís no tiene estudios científicos previos a su uso medicinal, es utilizado de manera tradicional como remedio para resfriados,

diarrea, vómito y asma; autores reportan que los ácidos hidroxibenzoicos, lignanos y metoxiflavonas son potentes antioxidantes, antitumorales, antiespasmódicos y antiinflamatorios (Torrenegra Guerrero, *et al.*, 2019) (Reyes Ortiz, 2021).

El árnica amarilla presentó tres tipos de familias de compuestos: ácidos hidroxicinámicos, ácidos metoxicinámicos y furanocumarinas, dentro de la literatura no existen reportes con respaldo científico a cerca de sus propiedades medicinales, de manera tradicional el árnica amarilla es utilizada como tratamiento a traumatismos musculares y de la piel, es un potente antiinflamatorio. Los ácidos hidroxicinámicos, ácidos metoxicinámicos y las furanocumarinas poseen diversas actividades biológicas: actividad antioxidante, antibacteriana, antiinflamatoria (Peña Torres, *et al.*, 2019), además las furanocumarinas son utilizadas como aditivos para productos del cuidado de la piel como protectores solares, tratamientos para la psoriasis, linfomas cutáneos y vitiligo (García Lor, *et al.*, 2018).

Con lo que respecta al árnica morada, es la planta que presentó menos compuestos bioactivos en su extracto acuoso, flavonas y metoxiflavonas. El árnica morada es utilizada tradicionalmente como tratamiento a golpes y traumatismos en la piel, y en forma de infusiones para tratar dolores internos en algunos órganos. Las flavonas y metoxiflavonas son potentes antiinflamatorios, antioxidantes y mejoran la función de los vasos sanguíneos (Bonilla Rivera, *et al.*, 2019) (Arellano Quintana, *et al.*, 2017).

**Tabla 6. Concentración de compuestos identificados en los extractos mediante HPLC-Ms.**

	<b>TR</b>	<b>MASA</b>	<b>COMPUESTO</b>	<b>FAMILIA</b>
<b>A. AMARILLA</b>	4.13	293	Ácido cafeoil aspártico	Ácidos hiroxicinamicos
	5.6	311	Ácido cafeoil aspártico	Ácidos hiroxicinamicos
	6.53	385	Ácido 5-5'-deshidrodiferúlico	Dímeros del ácido metoxicinámico
	36.78	247.8	Isopimpinina	Furanocumarinas
<b>A. MORADA</b>	1.81	329.1	Jaceosidina	Metoxiflavonas
	6.82	285.1	Escutelaria	Flavones
<b>YERBANÍS</b>	47.55	356.9	Gardenina B	Metoxiflavonas
	43.26	554.82	Lariciresinol-sesquignano	Lignanos
	50.01	470.9	Dilactona de ácido valoneico	Dímeros del ácido hidroxibenzoico
	55.39	385	Ácido 5-5'-deshidrodiferúlico	Dímeros del ácido metoxicinámico
<b>ROSA DE CASTILLA</b>	1.77	345.1	Rosmanol	Terpenos fenólicos
	5.25	453.2	D-Viferina	Dímeros de estilbenos
	11.07	330.9	4-O-glucósido de ácido gálico	Ácidos hidroxibenzoicos
	51.21	462.9	Quercetina 3-O-glucósido	Flavonoles
	50.17	371	Arctigenina	Lignanos
	53.41	447	Luteolina 6-C-glucósido	Flavonas
	56.58	284.8	Luteolina	Flavonas
<b>SAN NICOLÁS</b>	4.41	304.8	Galocatequina	Catequinas
	1.83	293	Ácido cafeoil aspártico	Ácidos hidroxicinamicos
	8.69	156.9	1,4-naftoquinnona	Naftoquinona
	33.29	352.9	Ácido 1-cafeoilquínico	Ácidos hidroxicinámicos
	39.66	352.8	Ácido 3-cafeoilquínico	Ácidos hidroxicinámicos
	43.43	178.9	Ácido cafeico	Ácidos hidroxicinámicos
	46.43	366.8	Ácido 3-feruloilquínico	Ácidos metoxicinámicos
	48.67	384.9	Ácido 5-8´deshidrodiferulico	Dímeros de ácido metoxicinámico
	50.95	352.9	Sesamina	Lignanos

## CONCLUSIONES

La propuesta de la presente investigación fue el determinar la concentración de fenoles totales y principalmente el identificar las moléculas de las plantas en cuestión, todo con el fin de ampliar el conocimiento de los Fito constituyentes implicados en actividades biológicas, antioxidantes, anticancerígenas, antiolesterolémicas, antibacterianas, etc. La identificación del perfil de biomoléculas de las especies aporta información para el tratamiento de enfermedades crónicas.

El efecto antitumoral y anticancerígeno de la hierba de San Nicolás (*Chrysactinia mexicana*), el efecto antiinflamatorio, anticancerígeno y antioxidante de la rosa de castilla (*Rosa gallica*) han sido comprobados en estudios *in vitro* e *in vivo* en diversas investigaciones. Dichos estudios y la presente investigación avalan la funcionalidad de las plantas que han sido recomendadas de manera tradicional para curar diversas afecciones.

Se logró obtener importantes datos de plantas como el yerbanís (*Tagetes lucida*) y el árnica morada (*Machaeranthera tanacetifolia*) que aún no cuentan con un respaldo científico sobre su capacidad biológica. Debido a su contenido fenólico y las moléculas identificadas se comprueba que poseen capacidad actividad antiinflamatoria, antiséptica y antioxidante, antitumoral, entre otras.

Basándose en que los resultados fueron favorables, se propone en estudios posteriores, el evaluar la capacidad antioxidante en extractos realizados con solventes orgánicos ya que existen reportes científicos de plantas medicinales con un mayor rendimiento de compuestos fenólicos.

Por otro lado, los estudios *in vivo* y la evaluación de la citotoxicidad de dichos metabolitos son de gran importancia y complementarían la investigación para garantizar una dosis y vía de administración adecuados.

## LITERATURA CITADA

Acosta Otalvaro, E. V., Mazo Rivas, J. C. & García Viguera, C., 2021. Predicción del contenido de polifenoles totales de extractos de cacao, a partir del espacio de color CIElab.. *Universidad Politécnica de Cartagena*, 1(1), pp. 16-19.

Ahmiane, Y., 2016. Efectos de los compuestos activos y funcionales de la alcachofa (*Cynara cardunculus*) en el control del metabolismo energético.. *UIB Repositori*, 11(1), pp. 1-5.

Araya, A. y otros, 2020. Importancia del conocimiento por la población de las propiedades antioxidantes en plantas nativas de Chile. *Revista contribuciones científicas y tecnológicas.*, 45(1), pp. 29-33.

Arellano Quintana, J. M. y otros, 2017. Caracterización de compuestos fenólicos presentes en el extracto etanólico de hojas de *Alternanthera lanceolata* (Benth.) Schinz, "lancetilla".. *Revista Peruana de Medicina Integrativa*, 2(3), pp. 773-778.

Barquera Cervera, S. y otros, 2016. *Fundación MÍDETE, Recomendaciones desde la sociedad civil.* [En línea] Available at: [http://oment.uanl.mx/wp-content/uploads/2016/11/FMidete\\_Asumiendo-Control-Diabetes-2016.pdf](http://oment.uanl.mx/wp-content/uploads/2016/11/FMidete_Asumiendo-Control-Diabetes-2016.pdf) [Último acceso: 26 febrero 2018].

Barwant, M. & Dawange, A., 2020. Preparation of nutritive food supplement from leaf and pods *Moringa Oleifera* Lam, *tinospora cordifolia* (Thumb Miers) and *Cinnamomum verum* J.. *Food properties*, 11(1), pp. 47-54.

Benvenuti, S., Bprtolotti, E. & Maggini, R., 2016. Antioxidant power, Anthocyanin Content and Organoleptic Performace of Edible Flowers. *Scientia Horticulturae*, Volumen 199, pp. 170-177.

Bonilla Rivera, P. y otros, 2019. Determinación estructural de flavonas presentes en el extarcto metanólico de hojas de *Marrubium vulgare* L. "Cordon. *Revista peruana de medicina integrativa*, 4(3), pp. 90-95.

C.S.P Pires, T., Dias, M. I., Barros, L. & Ferreira, I. C., 2017. Nutritional and Chemical Characterization of Edible Petals and Corresponding Infusions: Valorization as New Food Ingredients. *Food Chemistry*, Volumen 220, pp. 337-343.

Cabrera Carrión, J. L. y otros, 2017. Variación del contenido de alcaloides, fenoles, flavonoides y taninos en moringa oleifera Lam en función a su edad y altura.. *Bioagro*, 29(1), pp. 53-60.

Casal, S. y otros, 2017. Edible flowers: A Reviev of the Nutritional, Antioxidant, Antimicrobial Properties and Effects on Human Health.. *Journal of Food Composition and Analysis*, 60(1), pp. 38-50.

Chávez Mejía, M. C., White Olascoaga, L., Moctezuma Pérez, S. & Herrera Tapia , F., 2017. Prácticas curativas y plantas medicinales: un acercamiento a la etnomedicina de San Nicolás, México.. *Cuadernos Geográficos*, 56(2), pp. 26-47.

Chen, G.-L. y otros, 2015. Total Phenolic, Flavonoid and Antioxidant Activity of the 23 Edible Flowers Subjected to in Vitro Digestion.. *Journal of Functional Foods*, Volumen 17, pp. 243-259.

CONABIO, 2001. CONABIO. [En línea] Available at: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/grindelia-inuloides/fichas/ficha.htm> [Último acceso: 21 Noviembre 2021].

CONABIO, 2021. CONABIO. [En línea] Available at: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/tagetes-lucida/fichas/ficha.htm> [Último acceso: 21 Noviembre 2021].

CONABIO, 2021. *Enciclo Vida*. [En línea] Available at: <https://enciclovida.mx/especies/184733> [Último acceso: 21 Noviembre 2021].

Cordera, R. & Adami, G., 2016. diasease modifier sugery for type 2 diabetes. *World Journal of Diabetes*, 7(2), pp. 27-33.

Cubero Mata, A., 2010. Meicamentos para enfermedades crónicas en la persona adulta mayor. *Revista Anales en Gerontología*, 1(6), pp. 51-58.

Cuesta Parra, D. M. & Correa Mahecha, F., 2018. Obtención de fenoles a partir de granos verdes de café. *Ion*, 1(1), pp. 31-35.

Cuningham, E., 2015. What Nutritional Contribution do Edible Flowers Make. *Nutrition and Diabetics*, p. 856.

D. A, M. G., 2018. Los compuestos fenólicos: un acercamiento a su biosíntesis, síntesis y actividad biológica. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(1), pp. 81-104.

Estrada Castillón, E. & Villareal Quintanilla, J. Á., 2010. Flora del Centro del Estado de Chihuahua, México.. *Acta Botánica Mexicana*, 1(1), pp. 51-118.

Gallegos Zurita, M., 2016. Las plantas medicinales: principal alternativa para el cuidado de la salud en la poblacion rural de Babahoyo, Ecuador.. *An Fac Med*, 77(4), pp. 327-332.

García Lor, A. y otros, 2018. Obtencion de nuevas variedades de cítricos tipo pomelo con bajo contenido en furanocumarinas y elevado en flavonoides.. *Centro de Citricultura y Porudcción Vegetal*, 1(1), pp. 269-272.

Garzón Garzón, L. P., 2016. Conocimiento tradicional sobre las plantas medicinales de Yarumo (*Cecrophia sciadophylla*), carambolo (*Averrhoa carambola*) y uña de gato (*Uncaria tomentosa*) en el resguardo indígena de Macedonia, Amazonas.. *Revista Luna Azul*, 1(4), pp. 386-414.

Giardini Bonfim, F. P. y otros, 2018. Alelopatia: el potencial de las plantas medicinales en el control de especies espontáneas.. *Centro Agricola*, 45(1), pp. 79-87.

González Barraza, L. y otros, 2017. Compuestos fenólicos: presencia, identificación y propiedades antioxidantes en plantas y frutos.. *Mexican Journal of Biotechnology*, 2(1), pp. 46-64.

González Barraza, L. y otros, 2017. Phenolic compounds: presence, identification and antioxidant activity in plants and fruits. *Mexican Journal of Biotechnology*, 2(1), pp. 46-64.

González Islas, V. y otros, 2019. Evaluación del efecto antivirulencia de fenoles de cadena larga presentes en dos especies de anacardiaceae.. *Revista fitotecnia mexicana*, 42(3), pp. 227-234.

Gutiérrez Nava, M. A., Casas Patiño, D., Velázquez García, G. & Serafín Badillo, M., 2019. Efecto hipoglucemiante de la planta medicinal mazahua *Salvia amarissima* Ortega en ratones.. *Biosalud*, 18(1), pp. 26-34.

Hee Lee, M. y otros, 2018. Skin anti-inflammatory activity of rose petal extrat (*Rosa gallica*) through reduction of MAPK signaling pathway. *Food Science y Nutrition*, 1(1), pp. 2560-2567.

He, J. y otros, 2015. Phenolic Compounds and Antioxidant Actiities of Edible Flowers of *Pyrus pashia*.. *Journal of Functional Foods*, Volumen 17, pp. 371-379.

Lara Cortés, E. y otros, 2014. Actividad Antioxidante, Composición Nutrimental y Funcional de Flores Comestibles de *Dalia*. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 20(1), pp. 101-110.

Lazalde Ramos, B. P. y otros, 2016. Efecto antimicronucleogénico y citoprotector del extracto acuoso de romero. *Ciencia e investigacion estudiantil latinoamericana*, 21(2), pp. 1-5.

Lima López, Y., Gúzman Gúzman, V., López Linares, Y. & Satchwell Robinson, R., 2019. La medicina tradicional herbolaria en los sistemas de salud convencionales.. *Revista Humanidades Médicas*, 19(1), pp. 201-217.

Lima Sarmiento, L., López Aguilera, Á. F. & Furones Mourelle, J. A., 2021. Utilización de plantas medicinales por tutores de residentes de medicina general integral municipio de Arroyo Naranjo.. *Fármaco Salud Artemisa*, 1(1), pp. 1-12.

Lizárraga Velázquez, C. E., Hernández, C., González Aguilar, G. A. & Basilio Heredia, J., 2018. Propiedades antioxidantes e inmunoestimulantes de polifenoles en peces carnívoros de cultivo.. *Bioteconología y Ciencias Agropecuarias*, 12(2), pp. 127-136.

Loizzo, M. R. y otros, 2011. Phytochemical Profile, Antioxidant, Anti-inflammatory and Hypoglycemic Potencial of Hydroalcoholic Extracts from *Citrus Medica* L. cv Diamante Flowers, Leaves and Fruits at Two Maturity Stages. *Food and Chemical*, Volumen 49, pp. 1549-1555.

Maldonado, C. y otros, 2020. La importancia de las plantas medicinales, su taxonomía y la búsqueda de la cura a la enfermedad que caussa el coronavirus (COVID-19)-. *Ecología en Bolivia*, 55(1), pp. 1-5.

Mazimba, O. y otros, 2015. Cinnamomum verum: Ethylacetate and metanol extracts antioxidant and antimicrobial activity.. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 3(3), pp. 28-32.

Medina, d. I. C. O. y otros, 2021. Efecto del aceite esencial de Chrysactinia mexicana A. Gray sobre aislados clínicos de Candida glabrata.. *Biotechnia*, 23(1), pp. 28-35.

Naturalista, 2021. *Naturalista.mx*. [En línea] Available at: <https://www.naturalista.mx/taxa/167982-Rosa-gallica> [Último acceso: 22 Noviembre 2021].

Olmedo Agudo, D. A. y otros, 2016. Evaluación de la actividad antiproliferativa de extractos metanólicos de plantas de la familia leguminosae.. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 21(3), pp. 272-283.

Ormaza, A. M., Díaz, F. O. & Rojano, B. A., 2018. Efecto del añejamiento del café (Coffea arabica L. var Castillo) sobre la composición de fenoles totales, flavonoides, ácido clorogénico y la actividad antioxidante.. *Información Tecnológica*, 29(3), pp. 187-196.

Ortega Cabello, L. y otros, 2018. Uso de flavonoides como ingrediente activo en alimentos funcionales. *Agroproductividad*, 11(11), pp. 121-127.

Ortíz Palacios, L., Cervantes Gutiérrez, V. & Chimal Hernández, A., 2021. *CONABIO*. [En línea] Available at: <https://www.sepi.cdmx.gob.mx/storage/app/media/plantas%20medicinales%20tlaltenco%20electronico%20protegido.pdf> [Último acceso: 22 Noviembre 2021].

Pacheco, F. & Blanco, M., 2020. Fenoles totales y flavonoides en semillas de Swetenia Macrophylla King y Swetenia Humilis Zuecarin. *Revista de la facultad de medicina*, 43(1), pp. 59-76.

Peña Torres, E. F. y otros, 2019. Ácidos hidroxicinámicos en producción animal: farmacocinética, farmacodinamia y sus efectos como promotor de crecimiento.. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10(2), pp. 391-415.

Peñarrieta J, M. y otros, 2014. Compuestos Fenólicos y su Presencia en Alimentos. *Revista Boliviana de Química*, 31(2), pp. 68-81.

Pérez Chauca, E., Saldaña Bobadilla, V. & Minchan Herrera, P., 2020. Etnobotánica, farmacología, fitoquímica y usos medicinales de Huamanpinta en el Perú – Chuquiraga spinosa Less.. *Ethnobotany Research and applications*, 19(1), pp. 1-5.

Pérez Ortega, G. y otros, 2016. Tagetes lucida Cav.; Ethnobotany, phytochemistry and pharmacology of its tranquilizing properties.. *Journal of Ethnopharmacology*, 181(1), pp. 221-228.

Qu, Y., Safonova, O. & De Luca, V., 2018. Completion of the canonical pathway for assembly of anticancer drugs vincristine/vinblastine in Catharanthus roseus.. *The Plant Journal*, 97(2), pp. 257-266.

Ramón Valderrama, J. A. & Galeano-García, P., 2020. Actividad Antioxidantes y antimicrobiana de extractos metanólicos de hojas de plantas del género Solanum.. *Revista Información Tecnológica* , 31(5), pp. 33-42.

Rana M., I. y otros, 2015. HPLC-DAD-MS/MS Profiling of Phenolics From *Securigera securidaca* Flowers and its Anti-hyperglycemic and Anti-hyperlipidemic Activities.. *Revista Brasileira de Farmacognosia.*, Volumen 25, pp. 134-141.

Reyes Ortiz, D. V., 2021. Lignanos biológicamente activos. *Facultad de Ciencias Básicas*, 1(1), pp. 20-23.

Rosas Medina, I. y otros, 2020. La salinidad incrementa el contenido de flavonoides, de antocianinas y el potencial hipoglucemiante de tomatillo (*Physalis ixocarpa*).. *e-CUCBA*, 13(7), pp. 1-4.

Rzedowski, J. & Rzedowski, G. C., 2001. *Flore fanerogámica del Valle de México. 2a ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.*, Pátzcuaro Michoacán: Michoacán México.

Saborit Rodríguez, A., Morales Pérez, M., Vega Jiménez, J. & Céspedes Martínez, I., 2020. Factores que propician la baja notificación de reacciones adversas causadas por fitofármacos.. *Natuguaso*, 1(1), p. 9.18.

Sambrano Intriago, L. F., Buenaño Allauca, M. P., Mancera Rodríguez, N. J. & Jiménez Romero, E., 2015. Estudio etnobotánico de plantas medicinaes utilizados por habitantes del área rural de la parroquia San Carlos, Quevedo, Ecuador.. *Revista Universidad y Salud*, 17(1), pp. 97-111.

Santacruz Terán, S. G. & Mantuano Morán, W. A., 2021. Efecto del procesamiento de cacao negro en el contenido y actividad antioxidante de compuestos fenólicos.. *Revista Espamciencia*, 12(1), pp. 41-45.

Sepúlveda T, C. & Zapata E, J., 2019. Efecto de la temperatura, el pH y el contenido en sólidos sobre los compuestos fenólicos y la actividad antioxidante del extracto de *Bixa orellana* L.. *Información tecnológica*, 30(5), pp. 57-66.

Serra Valdés, M. Á., Serra Ruiz, M. & Viera García, M., 2018. Las enfermedades crónicas no transmisibles. *Revista Finlay*, 8(2), pp. 51-58.

Silvia Mares, D. y otros, 2019. Screening of north-east Mexico medicinal plants with activities against herpes simplex virus and human cancer cell line.. *Formerly Natural Product Letters*, 33(1), pp. 1531-1534.

Sol Sánchez, Á. y otros, 2016. Caracterización bromatológica de los productos derivados de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Chontalpa, Tabasco, México.. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(14), pp. 2817-2830.

Soria, N., 2018. Las Plantas Medicinales y su Aplicación en la Salud Pública.. *Medicinal Plants and their Application in Public Health*, 8(1), pp. 7-8.

Sugier, D. y otros, 2019. Essential Oil from *Arnica Montana* L. Achenes: Chemical Characteristics and Anticancer Activity.. *Molecules*, 1(1), pp. 1-13.

Torrenegra Guerrero, R. D., Rodríguez Mayusa, J. & Mendez Callejas, G. M., 2019. Chromolaena tacotana, química y actividad antiproliferativa contra células cancerosas y actividad antioxidante de flavonoides contenidos en sus hojas e inflorescencias.. *Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales*, 1(2), pp. 10-12.

Torres Guevara, F. A. & Ganoza Yupanqui, M. L., 2017. Etnobotánica y sistemas de extracción para compuestos fenólicos, actividad antioxidante y toxicidad de plantas de parámos y bosques nublados del norte peruano. *Revista Peruana de Medicina Alternativa*, 2(2), pp. 101-109.

Troya-Santos, J., Ale-Borja, N. & Suárez-Cunza, S., 2017. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE in vitro Y EFECTO HIPOGLUCEMIANTE DE LA MACA. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 83(1), pp. 40-51.

Valenzuela Soto, R., Morales Rubio, M. E., Verde Star, M. J. & Oranday Cárdenas, 2015. Cnidioscolus chayamansa hidropónica orgánica y su capacidad hipoglucemiante, calidad nutraceutica. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(4), pp. 815-825.

Villaseñor, J. L. & Redonda Martínez, M. d. R., 2009. El género Chrysactinia (Asteraceae, tribu Tageteae) en México.. *Revsta Mexicana de Biodiversidad*, 1(80), pp. 29-37.

Waizwl Bucay, J. & Cruz Juárez, M. d. L., 2014. Árnica montana L, planta medicinal europea con relevancia. *Revsta Mexicana de Ciencia*, 5(25), pp. 98-109.

Wang, Y., Tang, C. & Zhang, H., 2015. Efectos hepatoprotectores de kaempferol 3-O rutinósido y kaemferol 3- O- glucósido de Carthamus tinctorius L. en la lesión hepática oxidativa inducida por CCl4 en ratones. *Revista de análisis de alimentos y medicamentos*, 23(2), pp. 310-317.

Wilke, D. V. y otros, 2020. Anticancer Potential of Compounds from the Brazilian Blue Amazon. *Planta Medica*, 1(87), pp. 49-70.

YI, Z. y otros, 2015. Hypoglycemic Activity Evaluation and Chemical Study on Holly Hock Flowers. *Fitoterapia*, Volumen 102, pp. 7-14.