

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**



**Identificación del perfil fitoquímico cualitativo de especies de  
uso medicinal y/o terapéutico del semidesierto de la región sureste  
del estado de Coahuila de Zaragoza, México**

**POR**

**MÓNICA DANIELA ALVARADO MACÍAS**

**T E S I S**

Presentada como requisito parcial para obtener el título profesional de

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

**Junio de 2022**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"**  
**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**Identificación del perfil fitoquímico cualitativo de especies de  
uso medicinal y/o terapéutico del semidesierto de la región sureste  
del estado de Coahuila de Zaragoza, México**

**TESIS**

Presentada por

**MÓNICA DANIELA ALVARADO MACÍAS**

y que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para  
obtener el título profesional de

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**APROBADA**

M.P. Francisco Hernández Centeno  
**Presidente**

Dra. María Hernández González  
**Vocal**

M.C. Haydeé Yajaira López De la Peña  
**Vocal**

Dr. Eduardo Alberto Lara Reimers  
**Vocal suplente**

Dr. José Dueñez Alanís  
**Coordinador de la División de Ciencia Animal**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2022

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**Identificación del perfil fitoquímico cualitativo de especies de  
uso medicinal y/o terapéutico del semidesierto de la región sureste  
del estado de Coahuila de Zaragoza, México**

**T E S I S**

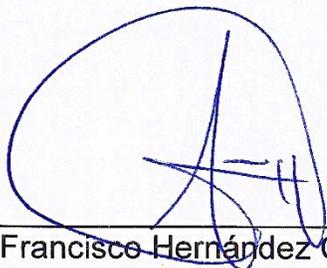
Presentada por

**MÓNICA DANIELA ALVARADO MACÍAS**

y que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para  
obtener el título profesional de

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

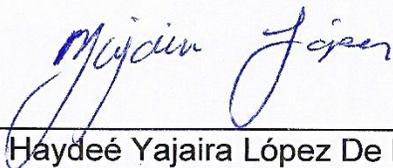
**Fue dirigida por el siguiente comité:**



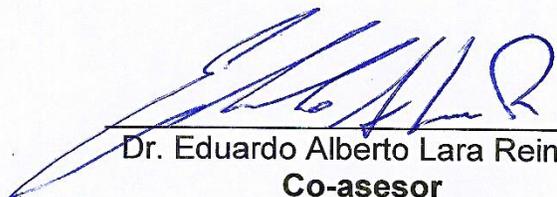
M.P. Francisco Hernández Centeno  
**Asesor principal**



Dra. María Hernández González  
**Co-asesor**



M.C. Haydeé Yajaira López De la Peña  
**Co-asesor**



Dr. Eduardo Alberto Lara Reimers  
**Co-asesor**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2022

## DEDICATORIAS

Dedico este trabajo y cada uno de mis logros a cuatro de las personas más importantes en mi vida.

A mis padres **Miguel Ángel Alvarado Villa y María Eugenia Macías Quintana** quienes han puesto su amor y confianza en mí siempre, por sus valores y consejos que han hecho de mí una mejor mujer y me han dado la oportunidad de cumplir mis sueños. Por la paciencia y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

A mi hermano **Miguel Ángel** quien siempre hace mi vida más divertida y me apoya incondicionalmente.

A mi mejor amigo **Luis Jiménez Martínez** por su amistad desde hace años, por alentarme siempre a seguir adelante a pesar de los malos momentos y formar parte de mi vida y de este proceso.

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por acompañarme toda mi vida, darme salud, bendiciones y dejarme llegar hasta este momento tan importante para mí.

A **mi familia** por su confianza, apoyo y por siempre motivarme a seguir con mis sueños y metas.

Al **M.P. Francisco Hernández Centeno** por todo su apoyo, paciencia y conocimientos compartidos para conseguir que este proyecto concluyera eficazmente.

A la **Dra. María Hernández González** por darme la oportunidad de formar parte de este proyecto y darme las herramientas para ser una buena profesionista.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por la oportunidad de realizar una carrera profesional, por todas las personas que conocí y todas las experiencias y momentos que viví aquí.

Al **Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Coahuila** a través Fondo Destinado a Promover el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología en el Estado de Coahuila (FONCYT), financiador del proyecto **COAH-2020-C14-C035**, del cual esta tesis es producto.

A cada uno de los **profesores** que estuvieron presentes durante mi aprendizaje y que me brindaron sus conocimientos para poder terminar exitosamente esta etapa.

A **mis amigos de la universidad** por acompañarme, apoyarme y hacer más divertido todo este tiempo.

## CONTENIDO

<b>DEDICATORIAS .....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>v</b>
<b>CONTENIDO .....</b>	<b>vi</b>
<b>INDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>viii</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>RESÚMEN .....</b>	<b>x</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>3. HIPÓTESIS .....</b>	<b>13</b>
<b>4. OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
4.1. General. ....	14
4.2. Específicos. ....	14
<b>5. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
5.1. Plantas medicinales .....	15
5.2. Uso de plantas medicinales: importancia .....	16
5.3. Comercio de plantas medicinales: aspectos legales en México.....	16
5.4. Composición química de las plantas medicinales ¿Por qué son útiles? .....	17
5.5. Familias de fitoquímicos.....	18
5.5.1. Fenoles.....	19
5.5.2. Flavonoides .....	19
5.5.3. Leucoantocianidinas .....	20
5.5.4. Glucósidos cianogénicos .....	21
5.5.5. Esteroles.....	22

5.6. El caso del semidesierto de la región sureste del estado de Coahuila de Zaragoza, México.....	23
<b>6. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>26</b>
ETAPA 1: Identificación y recolección de plantas de uso común en diferentes núcleos poblacionales rurales en el semidesierto de la región sureste del estado de Coahuila. 26	
ETAPA 2: Acondicionamiento y elaboración de extractos de plantas bajo condiciones comunes de uso.....	27
ETAPA 3: Concentración de extractos e identificación cualitativa de familias de fitoquímicos en ellos existentes.....	28
ETAPA 4: Obtención e interpretación de espectros infrarrojos de los extractos obtenidos bajo condiciones comunes de uso. ....	32
<b>7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>33</b>
7.1. Identificación de plantas medicinales de uso común medicinal y/o terapéutico en diferentes núcleos de población rural en el semidesierto de la región sureste del estado de Coahuila.....	33
7.2. Identificación del perfil fitoquímico cualitativo en extractos de plantas recolectadas.....	38
7.3. Espectros infrarrojos de los extractos de plantas obtenidos bajo condiciones comunes de uso.....	40
<b>8. CONCLUSIONES.....</b>	<b>57</b>
<b>9. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>58</b>
<b>10. ANEXOS .....</b>	<b>63</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Forma molecular general de los fenoles.....	19
Figura 2. Forma molecular general de los flavonoides. ....	20
Figura 3. Forma molecular general de las leucoantocianidinas. ....	20
Figura 4. Forma molecular general de los glucósidos cianogénicos.....	21
Figura 5. Forma molecular general de los esteroides.....	22
Figura 6. Región sureste del estado de Coahuila de Zaragoza, México.....	23
Figura 7. Espectrograma IR de la infusión de orégano ( <i>Lippia graveolens</i> HBK). ....	41
Figura 8. Espectrograma IR de la infusión de árnica amarilla ( <i>Heteroteca inuloides</i> Cass.).....	42
Figura 9. Espectrograma IR de la infusión de hierba del sapo ( <i>Eryngium carlinae</i> (F. Delaroche)).....	43
Figura 10. Espectrograma IR de la infusión de marrubio ( <i>Marrubium vulgare</i> L.).....	44
Figura 11. Espectrograma IR de la infusión de rosa de castilla ( <i>Purshia plicata</i> (D. Don) Enrickson).....	45
Figura 12. Espectrograma IR de la infusión de hierba de San Nicolás o garañona ( <i>Chysactinia mexicana</i> A. Gray, N, 24986 / <i>Castilleja arvensis</i> Cham. & Schltld.) .....	46
Figura 13. Espectrograma IR de la infusión de yerbaníz ( <i>Tagetes lucida</i> Cav.) .....	47
Figura 14. Espectrograma IR de la infusión de hojasén ( <i>Fluorensia cernua</i> ).....	48
Figura 15. Espectrograma IR de la infusión de sangre de drago ( <i>Jatropha dioica</i> ).....	49
Figura 16. Espectrograma IR de la infusión de cola de caballo ( <i>Equisetum hyemale</i> A. Br.).....	50
Figura 17. Espectrograma IR de la infusión de mariola ( <i>Parthenium incanum</i> Kunth) .....	51
Figura 18. Espectrograma IR de la infusión de estafiate ( <i>Artemisia ludoviciana</i> Nutt.) .....	52
Figura 19. Espectrograma IR de la infusión de árnica morada ( <i>Aster gymnocephalus</i> (DC) A. Gray) .....	53
Figura 20. Espectrograma IR de la infusión de laurel ( <i>Listea pringlei</i> Bartlett).....	54
Figura 21. Espectrograma IR de la infusión de cenizo ( <i>Leucophyllum frutescens</i> (Berl.) I.M. Johnst).....	55

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Nombres comunes de plantas silvestres y de traspatio utilizadas como remedio ante afecciones de salud en comunidades rurales del semidesierto de la región sureste del estado de Coahuila de Zaragoza, México.....	34
Cuadro 2. Nombre común, nombre científico e imagen de cada planta estudiada. ....	35
Cuadro 3. Tamizaje fitoquímico de las plantas estudiadas.....	39

## RESÚMEN

El uso de plantas con fines medicinales y/o terapéuticos es tan antiguo como la humanidad misma. El desarrollo de la herbolaria evolucionó junto con las civilizaciones y su uso se ha extendido hasta nuestros días, principalmente en poblaciones rurales, donde la medicina natural es a la primera que se recurre en caso de afección o enfermedad. Según la OMS, actualmente más del 80 % de la población mundial es usuaria de remedios naturales. Sin embargo, es necesario identificar los principios activos de cada planta con el fin de obtener el conocimiento necesario y realizar un mejor manejo de este tipo de remedios, a la par que se agrega valor a los recursos naturales con potencial de aprovechamiento comercial y regular la explotación de aquellos que se deben proteger de la extinción. En esta investigación se llevó a cabo el estudio de perfil fitoquímico cualitativo de infusiones de 15 plantas de uso común en poblaciones rurales del semidesierto de la región sureste del estado de Coahuila, en las cuales se determinó la presencia de fenoles, flavonoides, leucoantocianidinas, glucósidos cianogénicos y esteroides; moléculas bioactivas que aportan el efecto terapéutico que se les atribuye a las plantas que los contienen. Así mismo, se determinó para cada planta el espectrograma IR de su infusión, dado que es la forma en que son consumidas estas. Los resultados de los espectrogramas IR permitieron identificar los grupos funcionales y enlaces correspondientes a la estructura molecular de cada familia fitoquímica, confirmando su presencia y, en algunos casos, denunciando la existencia de otras moléculas bioactivas no incluidas en el tamiz fitoquímico utilizado, por lo que se recomienda la ampliación de este en un estudio futuro.

**Palabras clave:** tamiz fitoquímico, FTIR-ATR, planta medicinal, moléculas bioactivas.

## 1. INTRODUCCIÓN

El uso de plantas con propiedades medicinales y/o terapéuticas ha sido una constante probablemente desde el origen de la humanidad. La necesidad de alimentación, y del alivio de enfermedades muy probablemente llevó al hombre prehistórico a desarrollar la observación del uso de plantas por otros animales, descubriendo poco a poco usos de las plantas que no necesariamente eran con fines alimenticios.

La experimentación a prueba y error también pudo ser un método empleado por la humanidad a lo largo de su historia, entreteniendo con ese conocimiento su cultura a lo largo de la evolución de las civilizaciones que encontraron un equilibrio de convivencia con la naturaleza, desarrollándose así civilizaciones con un extenso conocimiento en cuanto a la herbolaria.

Sin embargo, dicho conocimiento, por muy avanzado que fuera, no dejó de ser empírico hasta épocas recientes, con el estudio y los descubrimientos de la química orgánica y molecular que han llevado a elucidar la estructura química de los compuestos bioactivos existentes en las plantas de uso medicinal y/o terapéutico y la comprensión del porqué de sus efectos en el organismo humano.

Actualmente, según la Organización Mundial de la Salud, alrededor del 80 % de la población mundial utiliza plantas con propiedades medicinales y/o terapéuticas para el alivio de sus problemas de salud, por encima de recurrir a la medicina de patente, que suele ser más costosa y con efectos secundarios frecuentemente negativos para el organismo.

Es por ello por lo que este esfuerzo de investigación se centró en la identificación de plantas de uso común en distintas comunidades del semidesierto de la región sureste del

estado de Coahuila, con la finalidad de generar y difundir conocimiento acerca de sus recursos naturales forestales no maderables, buscando hacer conciencia en su valor para brindarles argumentos de negociación en cuanto a la venta legal de plantas de uso medicinal y/o terapéutico a sus compradores.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

Debido a la importancia mundial del uso de estas alternativas naturales para el tratamiento de las enfermedades, aún en la actualidad es necesario seguir explorando y elucidando compuestos existentes en plantas útiles en el combate a problemas de salud, pues son a estos remedios naturales a los que suelen recurrir los pobladores de las áreas rurales, quienes, a falta de estabilidad o existencia de servicios de salud en sus poblaciones, recurren a plantas medicinales para el alivio de sus dolencias. Es el caso de los pobladores del semidesierto de la región sureste del estado de Coahuila de Zaragoza, México, quienes además podrían obtener un beneficio económico al conocer más de los recursos naturales que en sus regiones existen y que son susceptibles de aprovechamiento sustentable, ya que pueden compartir su conocimiento con las poblaciones más desarrolladas, desde donde se buscan alternativas naturales al combate de problemas de salud a través de la recolección ilegal y clandestina de plantas de uso medicinal, con el impacto ambiental consecuente.

### 3. HIPÓTESIS

**H<sub>0</sub>:** Las plantas de uso medicinal y/o terapéutico del que se utilizan en el semidesierto de la región sureste del estado de Coahuila poseen compuestos bioactivos identificables responsables de sus efectos terapéuticos.

**H<sub>a</sub>:** Las plantas de uso medicinal y/o terapéutico del que se utilizan en el semidesierto de la región sureste del estado de Coahuila no poseen compuestos bioactivos identificables responsables de sus efectos terapéuticos.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. General.**

Identificar de forma cualitativa los principales compuestos fitoquímicos responsables del efecto terapéutico de las plantas medicinales utilizadas en el semidesierto de la región sureste del estado de Coahuila de Zaragoza, México.

### **4.2. Específicos.**

- 4.2.1. Identificar plantas de uso medicinal y/o terapéutico que utilicen los habitantes del semidesierto de la región sureste del estado de Coahuila de Zaragoza.
- 4.2.2. Recolectar muestras de las plantas en común utilizadas con fines medicinales y/o terapéuticos en los núcleos poblacionales rurales del área de estudio.
- 4.2.3. Acondicionar las muestras de plantas de uso medicinal y/o terapéutico recolectadas.
- 4.2.4. Extraer los compuestos fitoquímicos utilizando el método de preparación en que son utilizadas.
- 4.2.5. Concentrar los extractos de plantas de uso medicinal y/o terapéutico recolectadas.
- 4.2.6. Realizar la identificación cualitativa de los compuestos bioactivos presentes en los extractos.
- 4.2.7. Realizar el escaneo de los extractos utilizando espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR – ATR) para la identificación de grupos funcionales.

## 5. REVISIÓN DE LITERATURA

### 5.1. Plantas medicinales

Las plantas, como seres autótrofos, además de su metabolismo primario, poseen un metabolismo secundario que les permite producir y acumular compuestos de naturaleza química diversa, incluyendo aquellos con una estructura química compleja y con gran actividad biológica (Torres *et al.*, 2014).

El hombre, como ser biológico, está vinculado íntimamente con el medio que le rodea, y desde su aparición en la historia evolutiva del planeta ha satisfecho sus necesidades a través del aprovechamiento de los recursos naturales con los que cuenta en el medio en el que vive: desde la cobertura de su alimentación, vestido y refugio, las plantas han jugado un papel insustituible, y en la lucha constante por alcanzar el alivio a sus afecciones y enfermedades las plantas han sido un formidable aliado (Anzora-Vázquez & Fuentes-Cañas, 2008), desde el conocimiento empírico que, después, poco a poco se ha convertido en conocimiento científico para la comprensión de su funcionamiento y el cómo impacta este en el organismo humano y animal (Marcano & Hasegawa, 2018).

Según refiere Rodríguez-Acosta (2013), las sustancias que las plantas elaboran y guardan en sus tejidos tienen importancia farmacéutica, ya que muchas de ellas poseen propiedades farmacológicas que las hacen útiles en la preparación de medicamentos.

Durante su metabolismo, todas las plantas procesan moléculas bioactivas que pueden ser útiles en la fisiología de otros organismos que las consumen, pues suelen poseer propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antifúngicas, farmacológicas, entre otras (Ochoa-Amado & Sarmiento-Mora, 2018), lo que las hace útiles en el tratamiento de diversas afecciones y/o enfermedades a los que recurre el grueso de la población por ser

de origen natural, entendiendo erróneamente que por ello no les causará ningún efecto adverso.

La medicina natural puede ser una alternativa para el tratamiento de diversas enfermedades y pudiera funcionar de manera paralela al tratamiento de la medicina convencional para cada caso (Rodríguez-Acosta, 2013).

## **5.2. Uso de plantas medicinales: importancia**

El uso de plantas medicinales es tan antiguo como la humanidad misma (Torres *et al.*, 2014). La fitomedicina se ha desarrollado a lo largo de los siglos tanto para uso humano como animal (Tahir *et al.*, 2020).

Actualmente, alrededor del 80 % de la población mundial recurre a los remedios naturales como primera alternativa ante afecciones o enfermedades, lo cual se traduce a su vez en una derrama económica importante por la explotación de los recursos forestales, principalmente no maderables, con este propósito (OMS, 2007).

Torres *et al.* (2014) refiere que México ocupa el cuarto lugar mundial en riqueza florística. Las plantas medicinales son parte importante de los recursos terapéuticos que se emplean en la medicina tradicional en México, pues han representado desde siempre una alternativa importante a otro tipo de cuidados para la salud, y las plantas más utilizadas están en relación con los padecimientos actuales más comunes (González-Alva, 2013).

## **5.3. Comercio de plantas medicinales: aspectos legales en México**

Según refiere López *et al.* (2014), no en todos los países existe una regulación o estandarización apropiada para la distribución, uso y manejo de plantas medicinales, y

que el rango es tan amplio que, dependiendo de cada país, un tratamiento herbario puede ser catalogado como alimento, suplemento alimenticio, medicamento herbario, etc.

En cuanto a la explotación, manejo, traslado y comercialización de recursos forestales maderables y no maderables, en México se encuentra regulada por la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LEEGEPA) y su reglamento, promulgada el 28 de enero de 1988, y tiene su fundamento en el artículo 4° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo al derecho a un medio ambiente sano para el desarrollo y el bienestar y la responsabilidad para quien lo dañe o deteriore (Cámara de Diputados, 2021). La aplicación de los lineamientos de esta ley corresponde a entidades como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), quienes han emitido diversas disposiciones y normatividad al respecto.

#### **5.4. Composición química de las plantas medicinales ¿Por qué son útiles?**

Según refiere González-Cantú (2014), los metabolitos secundarios, también conocidos como productos naturales, están distribuidos diferencialmente entre los grupos taxonómicos, poseen propiedades biológicas y muchos también tienen una función ecológica y se caracterizan por sus diferentes usos y aplicaciones como medicamentos, insecticidas, herbicidas, perfumes, colorantes, etc.

Los metabolitos secundarios de las plantas son los responsables de las propiedades farmacológicas de cada planta, cuyo contenido hace posible que se considere a una planta como “medicinal”, y dentro de ellos se encuentra una amplia variedad de compuestos fitoquímicos, tales como fenoles, flavonoides, antocianinas, fitoesteroles,

alcaloides, glucósidos, entre otros, que también son responsables de la toxicidad que pudiera presentar una planta si se le consume (Degolda & Murray, 2017).

En México, en la época prehispánica, la herbolaria se desarrolló de manera importante, y muchos usos que se les daba entonces a las plantas ha pasado a nuestros días a través de la tradición oral y/o escrita, lo que ha despertado el interés científico por el estudio de los recursos botánicos medicinales (González-Alva, 2013).

Martínez (2020) comenta que el conocimiento químico de los metabolitos secundarios hace posible visualizar el uso potencial que pudieran tener estas sustancias con fines farmacéuticos, así como determinar las metodologías de análisis para la identificación y comprensión de estas. Según lo refiere Torres *et al.* (2014), el conocimiento de nuevos compuestos de origen vegetal se encuentra limitado a nivel mundial, y se calcula que al menos un millón de ellos carecen de estudios científicos.

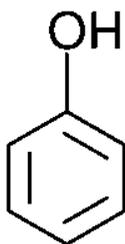
### **5.5. Familias de fitoquímicos**

Existen innumerables especies botánicas útiles en la medicina tradicional alrededor del planeta, de las cuales se desconoce su composición química, y que la población utiliza para el tratamiento de igual número de afecciones y enfermedades. Debido a ello, la fitoquímica es una herramienta valiosa y prioritaria para la identificación de los principios activos presentes en cada planta (Ochoa-Pacheco *et al.*, 2015).

Dentro de las familias más representativas de fitoquímicos que pueden encontrarse en tejidos y órganos de las plantas, se encuentran los fenoles y flavonoides (Valdez-Solana *et al.*, 2016), entre otros, mismos que a continuación se describen y que fueron objeto de estudio en este proyecto.

### 5.5.1. Fenoles

Rodríguez-Acosta (2013) refiere que los fenoles son compuestos fitoquímicos ampliamente distribuidos en las plantas. Estos son biológicamente activos, poseen actividad antioxidante y pueden actuar como preventivos de enfermedades. Su estructura general se muestra en la Figura 1, donde es posible observar que constan de un anillo soportando al menos un hidroxilo sustituido, y abarcan desde fenoles simples, ácidos fenólicos, cumarinas, flavonoides, estilbenos, hasta taninos hidrolizables y condensados (Stalikas, 2007).

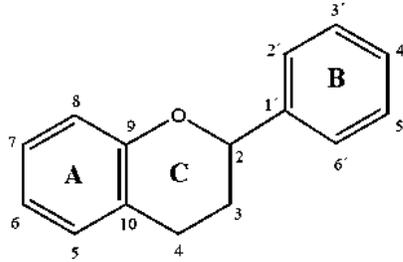


**Figura 1.** Forma molecular general de los fenoles.

Los fenoles son principios biológicamente muy activos, y sus propiedades terapéuticas van desde protección antioxidante, moduladores de actividad enzimática, atrayentes y repelentes de insectos, efecto antiviral, antibacteriano y antifúngico, efecto antiinflamatorio, antimutagénico, anticancerígeno, hipoglucemiante, entre otras propiedades (Rodríguez-Acosta, 2013).

### 5.5.2. Flavonoides

Según describen Ochoa-Amado & Sarmiento-Mora (2018), esta familia fitoquímica se caracteriza por una estructura venzo –  $\gamma$  – pirano, la cual se compone de dos anillos aromáticos unidos por un anillo pirano, conformando un esqueleto de difenilpiranos C6 – C3 – C6, distribuidos ampliamente en el reino vegetal (Fig. 2).

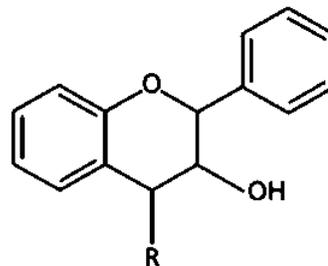


**Figura 2.** Forma molecular general de los flavonoides.

Cartaya & Reynaldo (2001) mencionan que estos compuestos poseen actividad antioxidante, y Álvarez & Orallo (2003) describen para ellos propiedades como relajante del músculo liso, vasoconstrictor a dosis bajas y vasodilatador a dosis altas.

### 5.5.3. Leucoantocianidinas

Según Peñarrieta *et al.* (2014), se trata de compuestos flavan y pueden ser referidos como flavan-4, 4-cis-dioles debido a la presencia de un grupo hidroxilo extra en la posición 4 del heterociclo C, en comparación con las catequinas.



R=H **Catequinas**  
(=Flavan-3-oles)

R=OH **Leucoantocianidinas**  
(=Flavan-3,4-dioles)

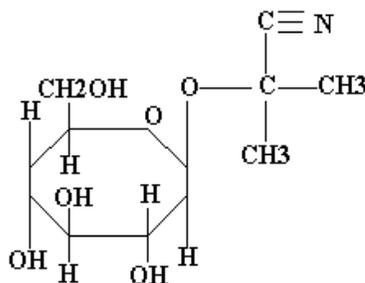
**Figura 3.** Forma molecular general de las leucoantocianidinas.

Las leucoantocianinas están presentes en las plantas y son precursores de las antocianinas, catequinas y taninos, mismos que poseen diferentes actividades biológicas,

como por ejemplo su función como elementos de defensa en las propias plantas, así como su actividad antioxidante beneficiosa para la salud del organismo humano evitando por ejemplo padecimientos relacionados con el estrés oxidativo, como la enfermedad cardiaca coronaria y el cáncer. Su estructura química típica se muestra en la Figura 3.

#### 5.5.4. Glucósidos cianogénicos

Muchas plantas sintetizan compuestos que, por hidrólisis ácida y/o enzimática, producen cianuro de hidrógeno, actividad conocida como “cianogénesis” (Arrázola-Paterninna, 2002). Un ejemplo de esto son las almendras, alimento en el que juegan un papel de importancia en cuanto a la impartición de sabores amargos (Arrázola, Grané & Dicenta, 2014). Estas sustancias son tóxicas y pueden causar la muerte por envenenamiento crónico con cianuro como resultado del consumo de algunas plantas, especialmente de las familias de las Rosáceas, Fabáceas, Euforbiáceas o miembros del género *Sorghum* (Poaceas o Gramíneas), provocando enfermedades inflamatorias crónicas, tales como la enfermedad renal crónica y el reumatismo.



**Figura 4.** Forma molecular general de los glucósidos cianogénicos.

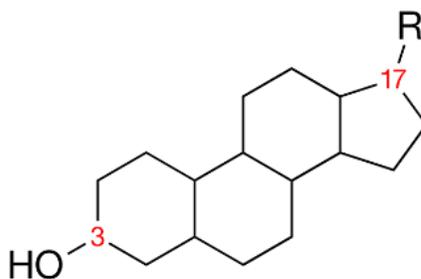
Una de las sustancias naturales responsables de dicha capacidad cianofórica, son los glucósidos cianogénicos, cuya estructura típica se muestra en la Figura 4, correspondiente a la linamarina de *Linus* sp., y una hipótesis maneja que son producidos

por las plantas como un mecanismo de defensa contra los depredadores (microorganismos, roedores e insectos) (Arrázola-Paternina, 2002; Martínez, 2020).

### 5.5.5. Esteroles

Según Ege (1998), son estructuras que presentan un grupo alcohol en los esteroides, como se muestra en la Figura 5, y hacen parte de las membranas celulares participando como protectores o defensa contra insectos, o principios amargos que actúan como antiherbívoros. Se encuentran ampliamente distribuidos tanto en el reino animal como en el vegetal y se les puede encontrar en forma libre como ésteres o como glicósidos (Martínez, 2020).

Pertenecen al grupo de triterpenoides y esteroides, y poseen actividad citotóxica, antimicrobiana, anticonceptiva y antiinflamatoria (Pergaud & Kuete, 2017); Martínez (2020) indica que esta familia fitoquímica posee potencial en el desarrollo de medicamentos antiparasitarios, antihongos, hipocolesterolemiantes y anticancerígenos.



**Figura 5.** Forma molecular general de los esteroides.

## 5.6. El caso del semidesierto de la región sureste del estado de Coahuila de Zaragoza, México

En general, la región noreste de México, a la que pertenece el estado de Coahuila de Zaragoza, es rica en recursos naturales forestales con aplicaciones terapéuticas (Hernández *et al.*, 2014)., por lo que es importante la bioprospección para el descubrimiento de nuevos compuestos bioactivos que sean útiles para su aplicación farmacológica y/o alimentaria.



**Figura 6.** Región sureste del estado de Coahuila de Zaragoza, México.

En la Figura 6 se muestra el territorio correspondiente a la región sureste del estado de Coahuila de Zaragoza, México, donde el ecosistema prevaleciente es el semidesierto, con zonas de transición a bosque de coníferas, ya que colinda al este con la sierra madre oriental, lo que hace posible la existencia de especies con mayor necesidad de humedad, como el laurel (*Listea pringlei* Bartlett). Según la PROFEPA (2021), de las 138 millones de hectáreas de cobertura forestal en el territorio mexicano, 73 millones de hectáreas corresponden a ecosistemas de zonas áridas, semiáridas u otros tipos de vegetación, dentro de las cuales se encuentra la región tomada en cuenta para este estudio.

Las comunidades del semidesierto en la región mencionada, históricamente han hecho uso de los recursos naturales de su medio para la cobertura de sus necesidades,

incluyendo el mantenimiento de su salud al utilizar plantas de su medio para el alivio de sus afecciones y enfermedades. Un ejemplo de ello es el orégano (*Lippia graveolens* Kunth), que ha sido utilizado como antiinflamatorio, antiparasitario, contra enfermedades del tracto respiratorio y digestivo, entre otros usos (Quintanilla-Licea *et al.*, 2020).

Según lo descrito en el Programa Estratégico Forestal para el Estado de Coahuila 2005 – 2025 (SEMA, 2021), para la región sureste del estado de Coahuila de Zaragoza corresponderían ecosistemas de chaparral, pero principalmente diversos tipos de matorral, en los que se pueden encontrar las especies que se utilizaron para este estudio, y de las cuales la mayoría no se aprovecha ampliamente con fines comerciales, con excepciones como el orégano (*L. graveolens* Kunth).

Según la SEMA (2021), por décadas algunas plantas de estos ecosistemas se habían y se han aprovechado con fines industriales, como es el caso del guayule (*Parthenium argentatum*), la candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*), el orégano (*Lippia graveolens*) y el mezquite (*Prosopis glandulosa*), ocasionando una sobreexplotación y la disminución de sus poblaciones silvestres. Otras especies están cobrando relevancia, como lo es el maguey pulquero (*Agave atrovirens*) y el sotol (*Osyllirion cedrosanum*).

Así también, el sobrepastoreo por parte de la crianza de ganado bovino y caprino ha provocado un severo daño en grandes extensiones de este ecosistema, disminuyendo la cantidad de plantas de talla pequeña que fungen como alimento para este tipo de ganado (SEMA, 2021).

Las plantas medicinales, por otro lado, sólo son aprovechadas en cantidades menores, sea por desconocimiento; o bien, porque no alcanzan a representar un ingreso relevante en la economía de los pobladores de las comunidades ejidales del semidesierto de la

región sureste del estado de Coahuila, ya sea por su bajo volumen de biomasa, aunado a la temporalidad de su crecimiento, o por el bajo precio que pagan los compradores, quienes se quedan con la mayor ganancia al revender a un precio en ocasiones mucho más elevado. De ahí la importancia de dotar a los dueños de los predios forestales con el conocimiento, aunque sea básico, del valor de las especies que crecen en su territorio.

## **6. MATERIALES Y MÉTODOS**

El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo en las cuatro etapas que a continuación se describen:

### **ETAPA 1: Identificación y recolección de plantas de uso común en diferentes núcleos poblacionales rurales en el semidesierto de la región sureste del estado de Coahuila.**

Se llevó a cabo una serie de entrevistas en diferentes localidades de los municipios de la región sureste del estado de Coahuila, centrándose en las preguntas del Anexo 1 para obtener la información requerida.

Una vez obtenida la información, se seleccionaron las plantas que más se repitieron en general, y se procedió a la recolección de muestras para su traslado al laboratorio de caracterización del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la UAAAN.

Por otro lado, se solicitó la colaboración del departamento de Forestal de la UAAAN para la identificación de los nombres científicos de las plantas recolectadas.

Se corroboró, así mismo, la disponibilidad de estas en un mercado del centro de la ciudad de Saltillo, Coahuila, con la finalidad de visualizar el potencial comercial de dichas especies.

## **ETAPA 2: Acondicionamiento y elaboración de extractos de plantas bajo condiciones comunes de uso.**

Derivado de la información de las entrevistas, se seleccionaron las partes de las plantas que se indicaron útiles, y se llevó a cabo el acondicionamiento de estas para el proceso de obtención de los extractos a caracterizar.

Las plantas o sus partes útiles se sometieron a un secado por convección en una estufa Ecoshell® a 35 °C por 24 h, después de lo cual se envasaron las plantas en bolsas plásticas de cierre hermético, conservando las muestras a temperatura ambiente (25 – 30 °C) en oscuridad para preservar los compuestos sensibles a la luz, hasta su utilización para la obtención de los extractos.

Para obtener los extractos, se echó mano del método de infusión acuosa, utilizando agua destilada para el proceso, debido a que es el método que utilizan las personas en el medio rural para preparar las infusiones, según los resultados de la entrevista inicial, además de que este fue el método más adecuado de obtención de extractos concentrados en un estudio anterior (Rodríguez-Acosta, 2013).

Se colocaron 20 g de planta en base seca en matraces bola de fondo plano de 250 mL y se añadieron 200 mL de agua destilada a temperatura de ebullición, se permitió el contacto planta – agua caliente por 5 minutos y posteriormente se filtró la infusión con papel filtro de poro cerrado, colocando el producto en un matraz Erlenmeyer de 250 mL, permitiendo que la infusión se enfriara a temperatura ambiente.

### **ETAPA 3: Concentración de extractos e identificación cualitativa de familias de fitoquímicos en ellos existentes.**

Cada infusión, ya fría, se colocó en cajas de petri de vidrio de 150 mm de diámetro y se llevaron a una estufa de convección forzada Ecoshell® para su concentración. Las condiciones de operación de la estufa fueron: temperatura de 35 °C por un periodo de 48 h en condiciones de oscuridad para evitar degradación de los componentes del extracto por efecto de la luz.

Una vez secos los extractos, se rasparon de las cajas petri y se colocaron en tubos Eppendorf de 1.5 mL forrados de papel aluminio para proteger a los extractos concentrados de la luz hasta su posterior caracterización.

Se ejecutaron los siguientes protocolos de laboratorio para la identificación de la familia de fitoquímicos que corresponde, lo cual se conoce como “tamizaje fitoquímico”, de acuerdo con lo descrito por Rodríguez-Acosta (2013):

#### **Reacción cualitativa para fenoles**

En un tubo de ensayo se colocó una muestra del extracto (1 a 2 mL), se agregaron unas gotas de solución acuosa de cloruro férrico al 5%. Esta prueba se considera positiva si inmediatamente se produce una coloración verde, azul o violeta.

#### **Reacción cualitativa para flavonoides**

En un tubo de ensayo se colocaron limaduras de magnesio, se añadieron 2 mL del extracto, luego se dejaron caer lentamente 2 a 3 gotas de HCl concentrado. La aparición de colores naranja, rosado, rojo o violeta indican una prueba positiva para la existencia

de flavonoides. Las antocianinas producen un color azul, mientras que las flavonas, isoflavonas y flavonoides producen coloraciones naranja-rojo-azulosa, rojo-violeta o café-anaranjado.

### **Reacción cualitativa para leucoantocianidinas**

En un tubo de ensaye, se colocaron 2 mL de extracto, se añadió 1 mL de HCl concentrado, luego se calentó en un baño de agua hirviendo durante 15 min. La aparición de coloraciones rojas indica la existencia de leucoantocianidinas en la muestra.

### **Reacción cualitativa para glucósidos cianogénicos**

Se colocaron 2 a 3 mL de extracto, se agregó 1 mL de cloroformo y se introdujo una tira de papel filtro Whatman No.1 con picrato de sodio recién preparado (1g de carbonato de sodio, 100 mg de ácido pícrico y 10 mL de agua, humedecer en el reactivo y dejar secar las tiras). Las tiras se colocaron a 1cm de las muestras, sin tocar las paredes. Se taparon los tubos y se calentaron a baño maría a 37 °C durante 3 h. En esta prueba cambios en el color del papel de amarillo a rojo o rojo – café indican que la prueba es positiva para glucósidos cianogénicos.

### **Reacción cualitativa para esteroides (reacción de Lieberman – Burchard)**

Para la preparación del reactivo de Lieberman-Burchard (L – B), se mezclaron 5 mL de anhídrido acético y 5 mL de cloroformo, se enfrió a 0 °C, luego se agregaron 2 gotas de ácido sulfúrico (este reactivo se mantiene estable por un día). La prueba consistió en colocar 2 mL del extracto, se agregaron 1 mL de cloroformo y unas gotas del reactivo L – B, se observaron cambios de coloración al minuto 1, 2, 5, 20 y 60 min. Esta prueba se presume positiva si se observan colores verde, azul, rojo o naranja.

Se llevaron a cabo, además, cuantificaciones de compuestos principales de interés, en este caso fenoles y flavonoides totales, ejecutando las siguientes metodologías:

### **Fenoles totales**

Para la determinación de compuestos fenólicos totales (Sunita & Dhananjay, 2010, modificado por Rodríguez-Acosta, 2013) se utilizó el reactivo de Folin-Ciocalteu. Este reactivo es sensible a compuestos reductores incluyendo polifenoles, produciendo por consiguiente un color azul bajo la reacción. Este color azul es medido espectrofotométricamente, para determinar el contenido fenólico total (Sunita & Dhananjay, 2010; Pourmorad, *et al*, 2006). Se utilizó ácido gálico como compuesto estándar, los compuestos fenólicos se expresan como mg/mL equivalentes de ácido gálico (GAE) usando la ecuación obtenida de la curva estándar.

Para la curva de calibración se prepararon concentraciones de 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 y 0.6 mg de ácido gálico en metanol. Se colocaron seis tubos de ensaye y se les agregó un 1mL con cada concentración.

Los reactivos se prepararon de la siguiente manera: para la solución madre del estándar ácido gálico (GAE), se colocó 1mg de ácido gálico en un matraz aforado de 10 mL y se aforó con metanol. Se hizo una dilución de Folin-Ciocalteu colocando 1 mL del reactivo y agregando 9 mL de agua destilada. Se preparó carbonato de sodio al 7.5 % en agua destilada.

Para los extractos de plantas se prepararon soluciones con una concentración de 0.05 g de extracto en 5 mL de metanol (0.05 g extracto/5 mL metanol). Se tomó 1mL de la solución preparada de cada extracto y se colocaron en tubos de ensaye. Con una

micropipeta se agregaron 500  $\mu\text{L}$  de Folin-Ciocalteu diluido 10 veces a cada tubo; luego se agregaron 250  $\mu\text{L}$  de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  al 7.5 % a cada tubo. Los tubos se taparon con Parafilm® y se agitaron en vortex por 30 segundos. La reacción se dejó reposar 30 minutos, posteriormente se tomó la lectura de absorbancia en espectrofotómetro a 760 nm.

### **Flavonoides totales**

El contenido de flavonoides totales se determinó mediante un método colorímetro modificado por Ming-Yen & Cheng-Chun (2010) y utilizando catequina como estándar. Los resultados se expresaron como mg de catequina equivalente (mg de catequina/mL de extracto).

Para la curva de calibración se agregaron concentraciones de 0, 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, y 2 mg de catequina en agua destilada. Por otra parte, se disolvieron 0.05 g de extractos de cada planta en 10 mL.

Se tomaron 250  $\mu\text{L}$  de la solución estándar (para la realización de la curva estándar), y posteriormente de los extractos de cada planta, se mezclaron con 1250  $\mu\text{L}$  de agua destilada y 75  $\mu\text{L}$  de  $\text{NaNO}_2$  al 5 %. Se dejó reposar la reacción por 6 minutos. Después de este tiempo se agregaron 150  $\mu\text{L}$  de  $\text{AlCl}_3$  al 10 % para luego reposar 5 minutos la reacción. Por último, se agregaron 500  $\mu\text{L}$  de  $\text{NaOH}$  1M y 275  $\mu\text{L}$  de agua destilada. La lectura de absorbancia se tomó a 510 nm (Cheng-Chun & Ming-Yeng, 2010), cuantificándose el contenido de flavonoides totales utilizando la ecuación resultante de la pendiente de la curva estándar.

#### **ETAPA 4: Obtención e interpretación de espectros infrarrojos de los extractos obtenidos bajo condiciones comunes de uso.**

Según Martínez (2020), el análisis de espectroscopía infrarroja es una técnica instrumental muy útil, si bien no en la identificación puntual de los compuestos fitoquímicos, sí en el reconocimiento de los grupos funcionales y algunas características de las estructuras moleculares de los metabolitos secundarios.

El análisis de espectro infrarrojo (IR), consiste en que las moléculas orgánicas absorben radiaciones electromagnéticas en la región infrarroja ( $4000\text{-}650\text{ cm}^{-1}$ ) incrementando su energía rotacional y vibracional. La energía es usada para estiramientos y flexiones de grupos atómicos unidos de modo covalente (Rodríguez-Acosta, 2013).

De las infusiones frías se tomó una alícuota que se colocó en el detector del accesorio ATR de un espectrómetro Perkin Elmer® modelo Spectrum Two®, obteniéndose los espectros de infrarrojo correspondientes a cada infusión, a los que se le restó el espectro correspondiente al agua, se normalizaron y suavizaron para visualizar las bandas más significativas de cada espectro. Para todo este proceso, se utilizó el software Spectrum 10® (Perkin Elmer®).

Los espectros de infrarrojo obtenidos de cada infusión se analizaron y compararon con tablas de grupos funcionales disponibles en la literatura, identificando aquellos correspondientes al esqueleto general de las familias de fitoquímicos identificados los extractos concentrados de cada una de las plantas medicinales procesadas.

## **7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Ejecutada la metodología, se obtuvieron los resultados que se describen y discuten a continuación.

### **7.1. Identificación de plantas medicinales de uso común medicinal y/o terapéutico en diferentes núcleos de población rural en el semidesierto de la región sureste del estado de Coahuila.**

De las encuestas realizadas, se pudo visualizar que existe una muy amplia variedad de especies que son utilizadas en los hogares de las comunidades rurales con fines medicinales y/o terapéuticos. Sin embargo, una buena parte de dichas especies botánicas corresponden a plantas cultivadas en traspatio o en macetas en los hogares de las personas entrevistadas, como se muestra en el Cuadro 1.

Por otro lado, existe también una rica variedad de plantas silvestres utilizadas para tratar diferentes problemas de salud, mismas que son recolectadas en el medio silvestre ya sea para uso personal, y en contadas ocasiones como una actividad económica de subsistencia. Esta explotación en la mayoría de los casos se realiza sin contar con el permiso de aprovechamiento correspondiente, por lo que se sospecha que la explotación de dichas especies es ocultada por temor a las consecuencias legales derivadas de la explotación clandestina.

En el Cuadro 1 se muestran las plantas utilizadas en los hogares entrevistados, indicando su nombre común.

**Cuadro 1.** Nombres comunes de plantas silvestres y de traspatio utilizadas como remedio ante afecciones de salud en comunidades rurales del semidesierto de la región sureste del estado de Coahuila de Zaragoza, México.

<b>Localidad</b>	<b>Pantas de traspatio</b>	<b>Plantas silvestres</b>
Ejido Tanque Escondido, Saltillo, Coah.	Ruda, manzanilla, yerbabuena, sábila	Yerbaniz, estafiate, cola de caballo, árnica morada, árnica amarilla, hierba del sapo, hierba de la hormiga, hojasén, orégano, gobernadora, mariola, laurel, cenizo, sangre de drago, amole, garañona, pata de res, epazote zorrillo
Ejido Palma gorda, Saltillo, Coah.	Yerbabuena, albahaca, manzanilla, ruda, altamisa, menta, sábila	Rosa de castilla, hojasén, orégano, gobernadora, flor de palma, nopal tapón, mariola, hojasén, hierba del sapo, calabacilla loca, gobernadora, cenizo, marrubio, laurel, sangre de drago, árnica, hierba de San Nicolás.
Ejido Las mangas, Saltillo, Coah.	Yerbabuena, eucalipto, manzanilla, epazote	Gobernadora, hojasén, árnica amarilla, árnica morada, peyote, cenizo, sangre de drago, rosa de castilla, garañona, cenizo
Ejido Llanos de la Unión de abajo, Saltillo, Coah.	Sábila, yerbabuena, epazote	Hojasén, árnica, borraja, hierba del sapo, sangre de drago, laurel, orégano, rosa de castilla
Ejido La majada, Saltillo, Coah.	Menta, sábila, yerbabuena	Peyote, hojasén, coyonoxtle, árnica, orégano, hierba de San Nicolás, mariola
Ejido Hipólito, Ramos Arizpe, Coah.	Ruda, yerbabuena, menta, sábila, manzanilla, romero, higuera, nopal, ruda	Gobernadora, hojasén, orégano, pitorreal, sangre de drago, hierba del sapo, hierba de San Nicolás, árnica, laurel, nopal, flor de palma, palma yuca, sacasil

\*Elaboración propia

Los encuestados refirieron recurrir primero a las plantas medicinales como primera alternativa ante la presencia de una afección o enfermedad, lo que es congruente con lo mencionado por la Organización Mundial de la Salud, quien refiere que alrededor del 80 % de la población mundial recurre a este tipo de remedios por sobre el uso de la medicina de patente.

Una vez identificado el uso común de plantas en diferentes localidades de la región es estudio, se procedió a localizar dichas plantas en los mercados de la ciudad de Saltillo, Coahuila, encontrándose que existen diferentes locales comerciales que expenden en estado seco las plantas aquí estudiadas, lo que evidenció su potencialidad comercial.

De las plantas surtidas en los locales comerciales de un mercado del centro de la ciudad de Saltillo, Coah., se pudieron recuperar 15 especies susceptibles de estudio en el laboratorio, por lo que se procedió a recolectar las muestras de biomasa correspondiente y se trasladó al laboratorio de caracterización del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos para los tratamientos correspondientes.

Así mismo, una parte de las muestras se remitieron al Departamento de Forestal para la identificación de los nombres científicos de cada planta a estudiar. En el Cuadro 2 se muestra la imagen correspondiente a cada planta estudiada.

**Cuadro 2.** Nombre común, nombre científico e imagen de cada planta estudiada.

Nombre común	Nombre científico	Imagen de la planta
orégano	<i>Lippia graveolens</i> HBK / <i>Lippia berlandieri</i> Schauer	
Árnica amarilla (para tomar)	<i>Heteroteca inuloides</i> Cass.	

**Cuadro 2.** Nombre común, nombre científico e imagen de cada planta estudiada (continuación).

Nombre común	Nombre científico	Imagen de la planta
<b>Hierba del sapo</b>	<i>Eryngium carlinae</i> (F. Delaroche)	 A photograph of the Hierba del sapo plant, showing its characteristic spiky, star-shaped leaves and small white flowers.
<b>Marrubio / manrrubio</b>	<i>Marrubium vulgare</i> L.	 A photograph of the Marrubium vulgare plant, showing its green, serrated leaves and small white flowers.
<b>Rosa de castilla / rosa silvestre</b>	<i>Purshia plicata</i> (D. Don) Enrickson	 A photograph of the Rosa de castilla plant, showing its green leaves and a single large pink flower.
<b>Hierba de San Nicolás / garañona</b>	<i>Chysactinia mexicana</i> A. Gray, N, 24986 / <i>Castilleja arvensis</i> Cham. & Schtdl.	 A photograph of the Hierba de San Nicolás plant, showing its yellow flowers and green leaves growing in a rocky, arid environment.
<b>Yerbaníz</b>	<i>Tagetes lucida</i> (Cav.)	 A photograph of the Yerbaníz plant, showing its yellow flowers and green leaves.

**Cuadro 2.** Nombre común, nombre científico e imagen de cada planta estudiada (continuación).

Nombre común	Nombre científico	Imagen de la planta
Hojasén	<i>Fluorensia cernua</i>	
Sangre de drago	<i>Jatropha dioica</i>	
Cola de caballo	<i>Equisetum hyemale</i> A. Br.	
Mariola	<i>Parthenium incanum</i> (Kunth)	
Estafiate	<i>Artemisia ludoviciana</i> (Nutt.)	

**Cuadro 2.** Nombre común, nombre científico e imagen de cada planta estudiada (continuación).

Nombre común	Nombre científico	Imagen de la planta
<p><b>Árnica morada</b> <b>(para lavar)</b></p>	<p><i>Aster gymnocephalus</i> (DC) A. Gray</p>	
<p><b>Laurel</b></p>	<p><i>Listea pringlei</i> Bartlett</p>	
<p><b>Cenizo</b></p>	<p><i>Leucophyllum frutescens</i> (Berl.) I.M. Johnst</p>	

### **7.2. Identificación del perfil fitoquímico cualitativo en extractos de plantas recolectadas.**

De los extractos concentrados obtenidos se pudo identificar las familias de compuestos fitoquímicos que se muestran en el Cuadro 3.

Del tamizaje fitoquímico fue posible la identificación de cinco familias de fitoquímicos que poseen actividad y que son los responsables de las propiedades que se les atribuye a

cada una de las plantas que se estudiaron. Este conocimiento resultará útil al ser transferido a los usuarios finales que, en este caso, corresponde a los pobladores de las poblaciones del semidesierto de la región sureste del estado de Coahuila, quienes serán capaz de negociar mejores precios por los productos recolectados, siempre y cuando esto sea hecho dentro del marco de la legalidad.

**Cuadro 3.** Tamizaje fitoquímico de las plantas estudiadas

<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>FENOLES</b>	<b>FLAVONOIDES</b>	<b>LEUCOANTOCIANIDINAS</b>	<b>GLUCÓSIDOS CIANOGENICOS</b>	<b>ESTEROLES</b>
Orégano	+	+	+	-	+
Árnica amarilla (para tomar)	+	+	-	-	+
Hierba del sapo	+	-	-	-	-
Marrubio	+	-	-	-	+
Rosa de castilla	+	+	+	-	-
Hierba de San Nicolás (garañona)	+	+	-	-	-
Yerbaniz	+	+	-	-	+
Hojasén	+	-	-	-	-
Sangre de drago	-	-	+	-	-
Cola de caballo	-	-	-	-	-
Mariola	+	+	-	-	+
Estafiate	+	-	-	-	+
Árnica morada (para lavar)	-	+	-	-	-
Laurel	+	-	+	-	-
Cenizo	+	+	-	-	-

\*\*Elaboración propia

De la información del Cuadro 3 se puede destacar que ninguna de las infusiones dio positivo a glucósidos cianogénicos, lo que podría sugerir una baja toxicidad de estas 15

especies de plantas medicinales, al menos bajo las condiciones en las que se prepararon sus infusiones en el laboratorio. Sin embargo, esto podría asegurarse hasta realizar un estudio más detallado y puntual de las moléculas bioactivas presentes en cada una de las plantas estudiadas.

### **7.3. Espectros infrarrojos de los extractos de plantas obtenidos bajo condiciones comunes de uso.**

A este respecto, se obtuvo el espectrograma IR para cada infusión de cada una de las plantas estudiadas con la finalidad de identificar los grupos funcionales relacionados con el esqueleto químico molecular de cada una de las familias de fitoquímicos identificadas en cada una de las muestras de acuerdo con lo descrito por Schriener, Fuson & Curtin (1999) y Rojo-Callejas (2021).

De cada espectrograma fue sustraído aquél correspondiente al agua, revelándose únicamente el correspondiente a la mezcla de componentes liberados durante el proceso de infusión; posteriormente, cada espectro fue suavizado para definir los picos de las bandas principales en cada caso.

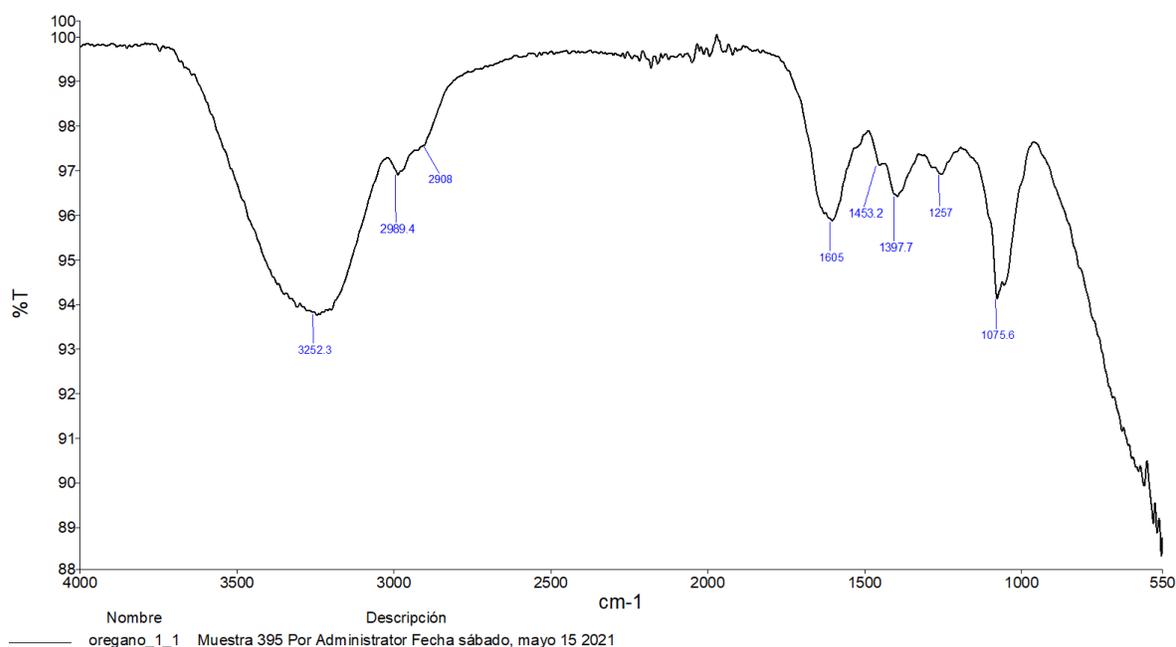
#### **Orégano (*L. graveolens* HBK)**

En el espectrograma para el orégano (Fig. 7) se observó una banda amplia alrededor de los  $3500\text{ cm}^{-1}$  que corresponde principalmente a los grupos -OH de los fenoles, sin descartar que se trate también del mismo grupo funcional en las moléculas de otros fitoquímicos; su amplitud e intensidad obedece a la existencia de puentes de hidrógeno. Otra banda característica para fenoles se presentó a los  $1257\text{ cm}^{-1}$ . Las bandas presentes en los  $2989$  y  $2908\text{ cm}^{-1}$ , así como a los  $1397\text{ cm}^{-1}$ , corresponderían a los

radicales  $-CH_2$  y  $-CH_3$ , presentes en las familias de fenoles, flavonoides y esteroides, en los que la infusión de esta planta dio positivo en el tamiz fitoquímico.

Por otro lado, las bandas que se presentaron a los  $1605$  y  $1453\text{ cm}^{-1}$  estarían relacionadas con los enlaces  $C = C$  correspondientes a los anillos aromáticos presentes en los esqueletos moleculares de los componentes fitoquímicos positivos en el tamiz realizado, y la banda presente a los  $1257\text{ cm}^{-1}$  correspondería a los enlaces  $C - O - C$ , presentes en los esqueletos moleculares de flavonoides y leucoantocianidinas.

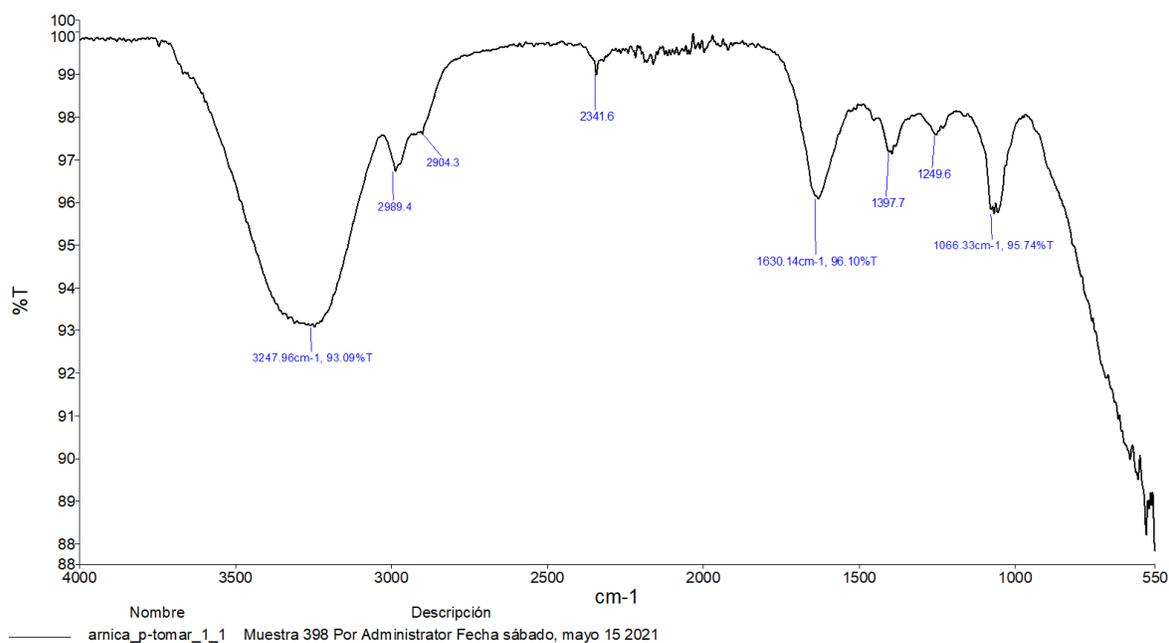
Por último, la banda agua presente a los  $1075\text{ cm}^{-1}$  reveló la presencia de enlaces  $C - OH$ , presentes en las familias fitoquímicas de fenoles, leucoantocianidinas y esteroides, todas presentes en la infusión de orégano.



**Figura 7.** Espectrograma IR de la infusión de orégano (*Lippia graveolens* HBK).

## Árnica amarilla (*H. inuloides* Cass.)

En la Figura 8 se muestra el espectrograma IR correspondiente a la infusión de árnica amarilla, en el cual se observó una banda amplia e intensa a los 3248  $\text{cm}^{-1}$ , correspondiente a grupos -OH, cuya amplitud denuncia la presencia de puentes de hidrógeno, ambas condiciones presentes individualmente entre las familias de fitoquímicos a que dio positivo esta infusión en el tamiz. La pequeña banda a los 2989  $\text{cm}^{-1}$  evidencia presencia de radicales -CH<sub>3</sub>, presentes esteroides y la banda débil a los 1398  $\text{cm}^{-1}$  estaría relacionada con los grupos -CH<sub>3</sub> vinculados a los fenoles.



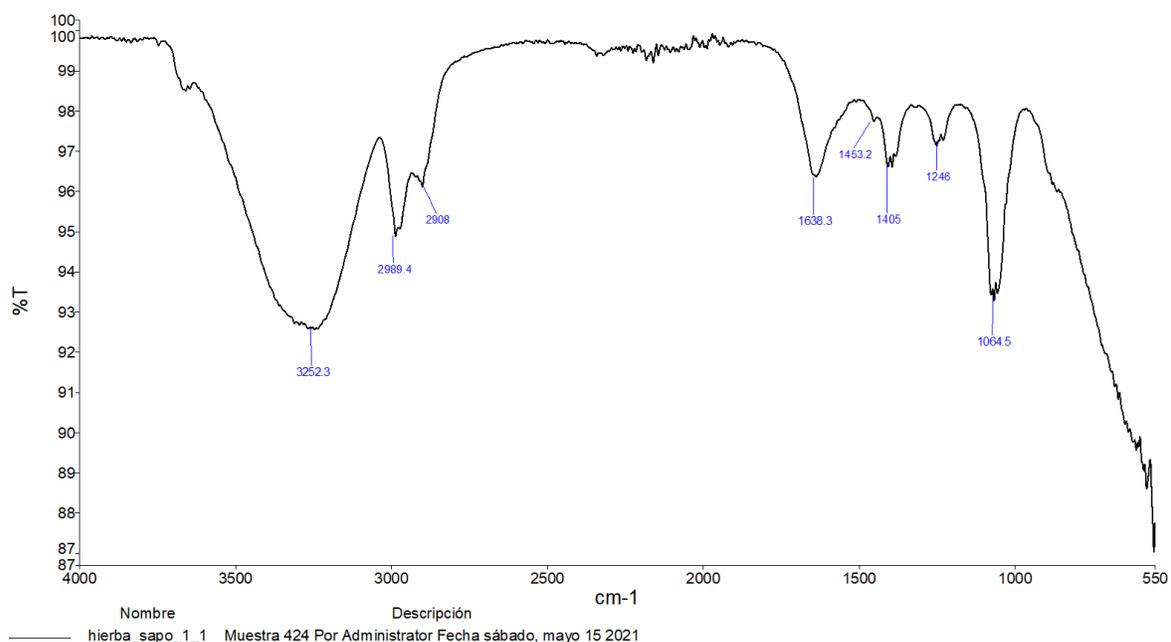
**Figura 8.** Espectrograma IR de la infusión de árnica amarilla (*Heterotea inuloides* Cass.).

La banda de mediana intensidad presente a los 1630  $\text{cm}^{-1}$ , acusa la presencia de los enlaces C = C de los anillos aromáticos presentes en fenoles y flavonoides; así mismo, la banda presente a los 1247  $\text{cm}^{-1}$  muestra la presencia de los enlaces C – O – C presentes en los flavonoides contenidos en la infusión de esta planta, y la banda de

mediana intensidad a los  $1086\text{ cm}^{-1}$  correspondería a los enlaces C – OH presentes en esteroides y fenoles.

### Hierba del sapo (*Eryngium carlinae* (F. Delaroche)).

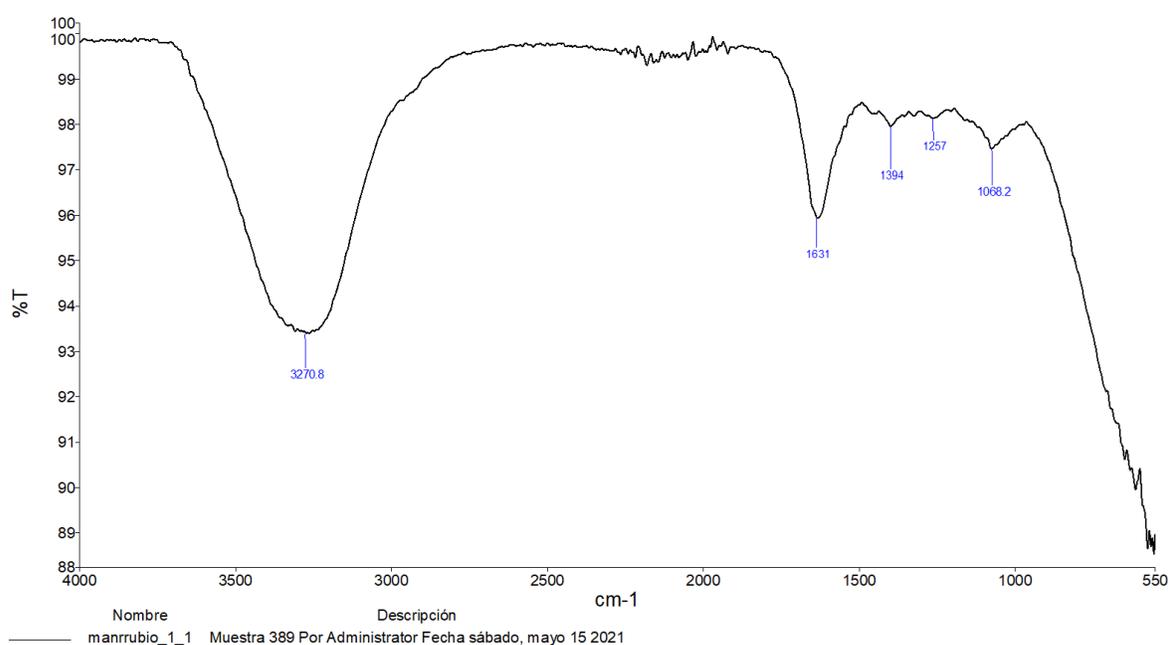
El espectrograma IR de la infusión de la hierba del sapo (Fig. 9) presentó una banda amplia e intensa a los  $3252\text{ cm}^{-1}$ , evidenciando la presencia de grupos -OH y puentes de hidrógeno entre sus componentes, que correspondería a una gran cantidad de fenoles, acompañados de grupos -CH<sub>2</sub> y -CH<sub>3</sub>, evidenciados por las bandas a los 2989 y 2908  $\text{cm}^{-1}$ . Las bandas a los 1638, 1453 y 1405  $\text{cm}^{-1}$  revelaron los enlaces C = C correspondientes a los anillos aromáticos de los fenoles presentes en la muestra, así como una banda a los  $1064\text{ cm}^{-1}$  también evidenció los enlaces C – OH correspondientes a fenoles, única familia con reacción positiva en el tamizaje fitoquímico.



**Figura 9.** Espectrograma IR de la infusión de hierba del sapo (*Eryngium carlinae* (F. Delaroche)).

## Marrubio (*Marrubium vulgare* L.)

En la Figura 10 se muestra el espectrograma de la infusión de manrrubio o marrubio, en la que se identificó una amplia e intensa banda correspondiente a grupos -OH con presencia de puentes de hidrógeno, lo cual puede corresponder a las familias fitoquímicas de fenoles y esteroides, ya que a los 1068  $\text{cm}^{-1}$  se presentó una banda débil relacionada con los enlaces C – OH presentes en las moléculas de ambas familias.

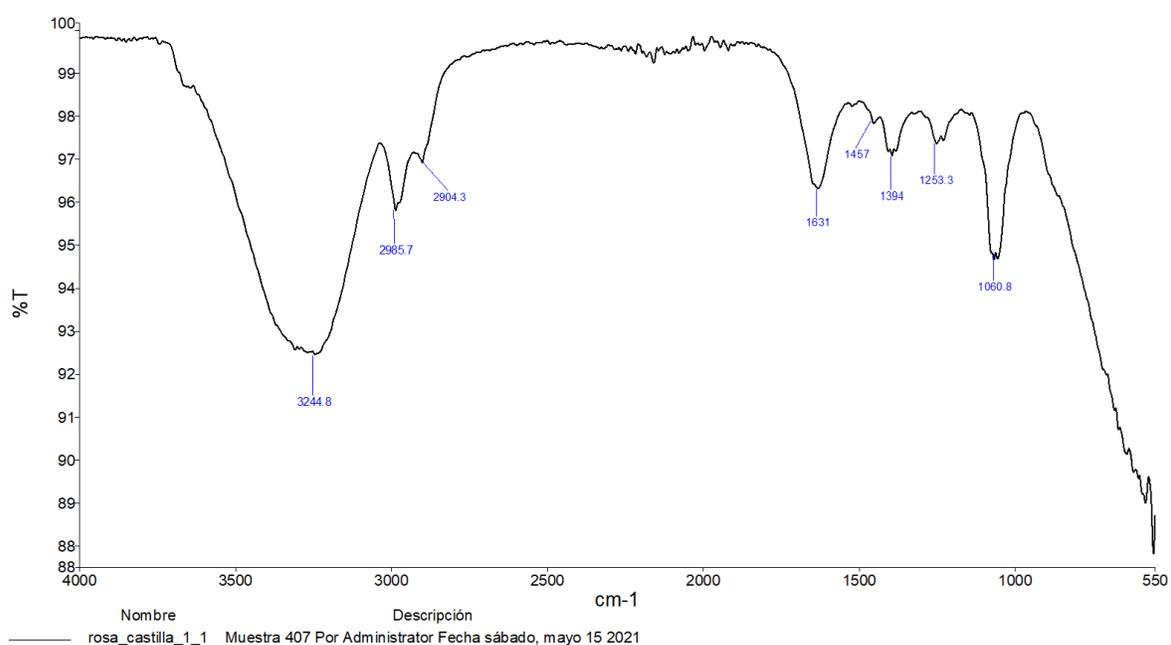


**Figura 10.** Espectrograma IR de la infusión de marrubio (*Marrubium vulgare* L.)

Así mismo, a los 1631  $\text{cm}^{-1}$  se presentó una banda aguda de media intensidad que delata los enlaces C = C correspondientes a los anillos aromáticos, y a los 1257  $\text{cm}^{-1}$  se detectó una banda muy débil correspondiente a los enlaces C – O – C de los esteroides que, a juzgar por la debilidad de las señales, pueden estar presentes en la muestra en cantidad inferior a los fenoles.

## Rosa de castilla (*Purshia plicata* (D. Don) Enrickson)

La infusión de rosa de castilla o rosa silvestre dio como resultado el espectrograma que se muestra en la Figura 11. Se identificó una banda intensa y amplia a los  $3244\text{ cm}^{-1}$  correspondiente a los grupos  $-\text{OH}$ , con presencia de puentes de hidrógeno, presentes en tres de las cuatro familias de fitoquímicos a los que esta infusión dio positivo en el tamiz previo: fenoles, leucoantocianidinas y esteroides.



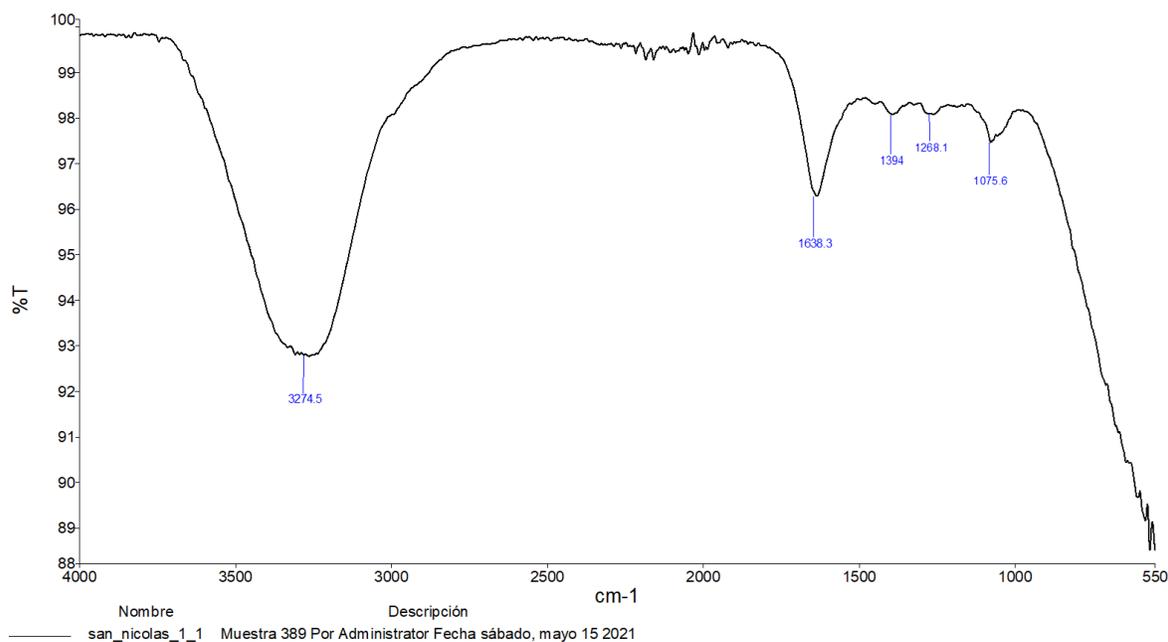
**Figura 11.** Espectrograma IR de la infusión de rosa de castilla (*Purshia plicata* (D. Don) Enrickson)

En el espectrograma hay también presencia de radicales  $-\text{CH}_2$  y  $-\text{CH}_3$  evidenciados en las pequeñas bandas presentes a los  $2985$  y  $2904\text{ cm}^{-1}$ , respectivamente, y que pueden corresponder a cualquiera de las tres familias de fitoquímicos. A los  $1631$  y  $1457\text{ cm}^{-1}$  se detectó presencia de enlaces  $\text{C} = \text{C}$ , correspondientes a anillos aromáticos presentes en los fenoles, flavonoides y leucoantocianidinas; así mismo, los enlaces  $\text{C} - \text{O} - \text{C}$  de flavonoides y leucoantocianidinas se evidenciaron en la banda de mediana intensidad a

los  $1253\text{ cm}^{-1}$ . Por último, la banda aguda e intensa a los  $1060\text{ cm}^{-1}$  reveló la presencia de enlaces C – OH, presente en las familias de los fenoles, leucoantocianidinas y esteroides.

**Hierba de San Nicolás o garañona (*Chysactinia mexicana* A. Gray, N, 24986 / *Castilleja arvensis* Cham. & Schtdl.)**

El espectrograma IR de la infusión de esta planta (Fig. 12) reveló bandas correspondientes principalmente a fenoles y flavonoides, únicos que dieron positivo en el tamiz correspondiente. A los  $3274\text{ cm}^{-1}$  se pudo visualizar la banda ancha e intensa correspondiente a los grupos -OH presentes en las mencionadas familias de fitoquímicos, así como los enlaces C = C correspondientes a sus anillos aromáticos se presentaron en la banda a los  $1638\text{ cm}^{-1}$ .

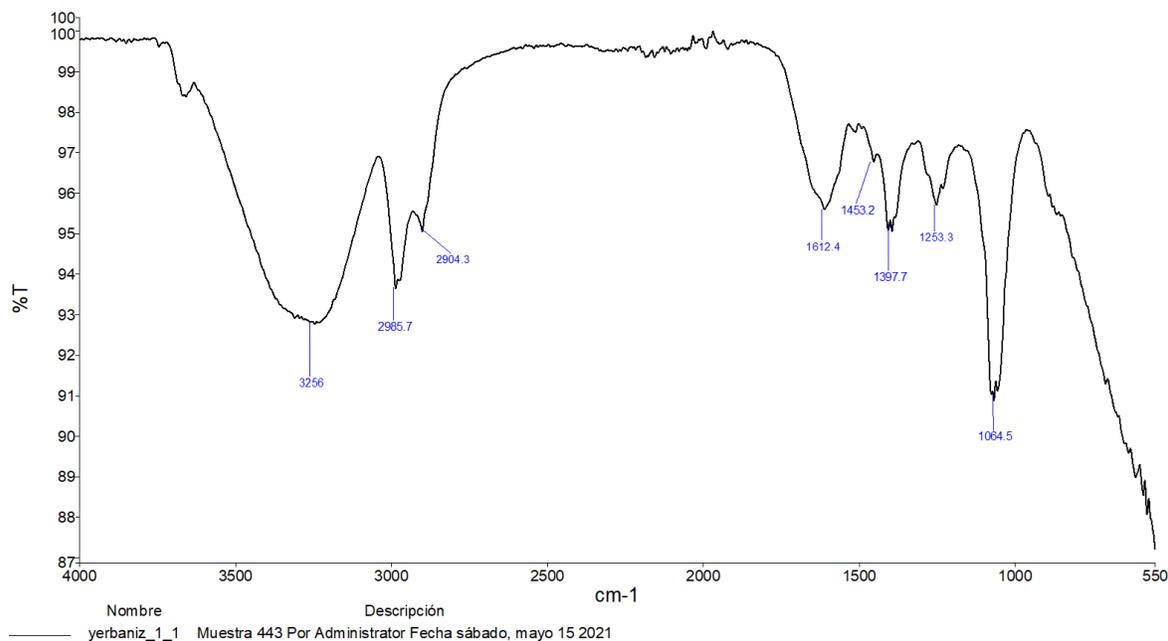


**Figura 12.** Espectrograma IR de la infusión de hierba de San Nicolás o garañona (*Chysactinia mexicana* A. Gray, N, 24986 / *Castilleja arvensis* Cham. & Schtdl.)

El enlace C – O – C de los flavonoides se evidenció en la banda de los 1268  $\text{cm}^{-1}$ , con una intensidad débil, lo que puede sugerir que éstos se encuentran en una menor cantidad en la muestra respecto a los fenoles. Por último, la banda a los 1075  $\text{cm}^{-1}$  corresponde a los enlaces C – OH presente en los fenoles.

### Yerbaníz (*Tagetes lucida Cav.*)

La Figura 13 corresponde al espectrograma de la infusión de yerbaniz, en el cual se presentó una banda amplia e intensa a los 3256  $\text{cm}^{-1}$  correspondiente a los grupo -OH de los fenoles y esteroides, familias de fitoquímicos a los que dio positivo en el tamiz realizado.

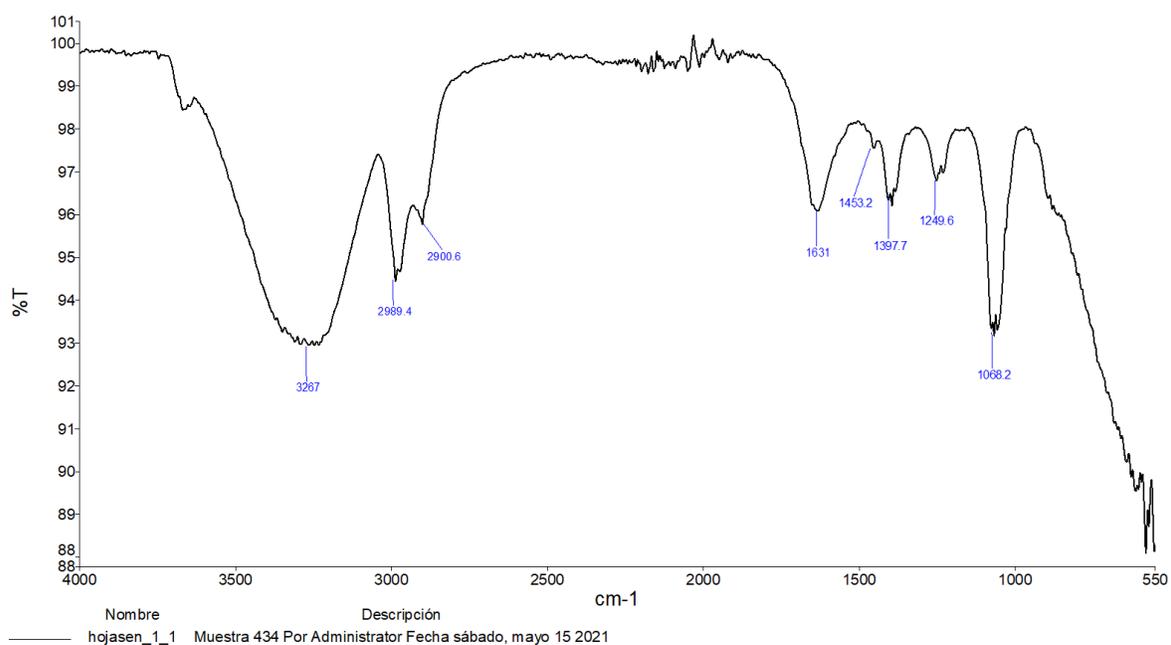


**Figura 13.** Espectrograma IR de la infusión de yerbaníz (*Tagetes lucida Cav.*)

Así mismo, hay presencia de radicales -CH<sub>2</sub> y -CH<sub>3</sub> evidenciados en las bandas presentes a los 2985 y 2904  $\text{cm}^{-1}$ , respectivamente. Los enlaces C = C pertenecientes a anillos aromáticos de fenoles y flavonoides se localizaron en las bandas de 1612 y 1453  $\text{cm}^{-1}$ .

La banda presente a los 1253  $\text{cm}^{-1}$  corresponde a los enlaces C – O – C presente en el esqueleto químico de los flavonoides, y la banda agua e intensa a los 1064  $\text{cm}^{-1}$  denuncia la presencia de enlaces C – OH presentes en fenoles y esteroides presentes en esta infusión.

### Hojasén (*Flourensia cernua*)



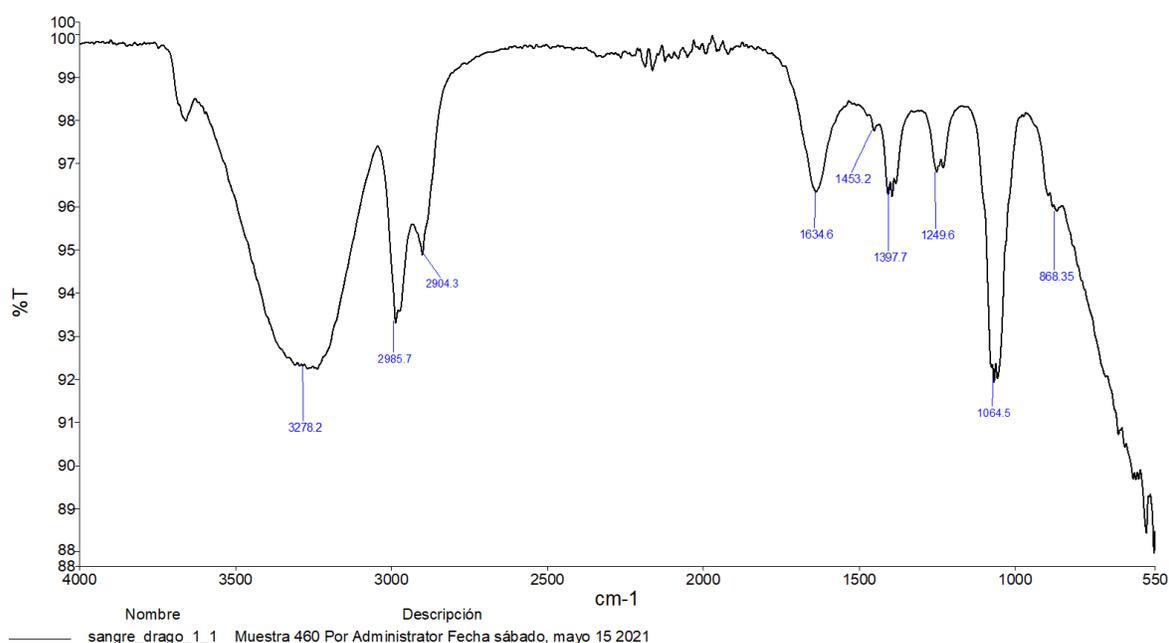
**Figura 14.** Espectrograma IR de la infusión de hojasén (*Flourensia cernua*)

La infusión de hojasén, u hoja de zen, produjo el espectrograma que se muestra en la Figura 14. En este se presentó una banda ancha e intensa a los 3267  $\text{cm}^{-1}$ , correspondiente a grupos -OH de los fenoles, única familia de fitoquímica que resultó positiva en el tamiz cualitativo realizado. Los grupos -CH<sub>2</sub> y -CH<sub>3</sub> relacionados con estas biomoléculas se localizaron en las bandas de 2989 y 2900  $\text{cm}^{-1}$ , respectivamente, y los enlaces C = C del anillo aromático resultaron evidenciadas en las bandas de los 1631 y 1453  $\text{cm}^{-1}$ . Por otro lado, se identificó una banda a los 1068  $\text{cm}^{-1}$ , correspondiente a los

enlaces C – OH, también característica de los fenoles, y una banda débil a los 1249  $\text{cm}^{-1}$ , que denuncia enlaces C – O – C que corresponden a moléculas diferentes a las que dieron positivo en el tamiz fitoquímico realizado, por lo que sería necesario ampliarlo para identificar a qué otra familia de fitoquímicos pudiera corresponder.

### Sangre de drago (*Jatropha dioica*)

En el espectrograma IR de la infusión de sangre de drago (Fig. 15), se presentó una banda amplia y ancha a los 3278  $\text{cm}^{-1}$ , correspondiente a grupos -OH de las leucoantocianidinas, única familia que dio positivo en el tamiz fitoquímico realizado.



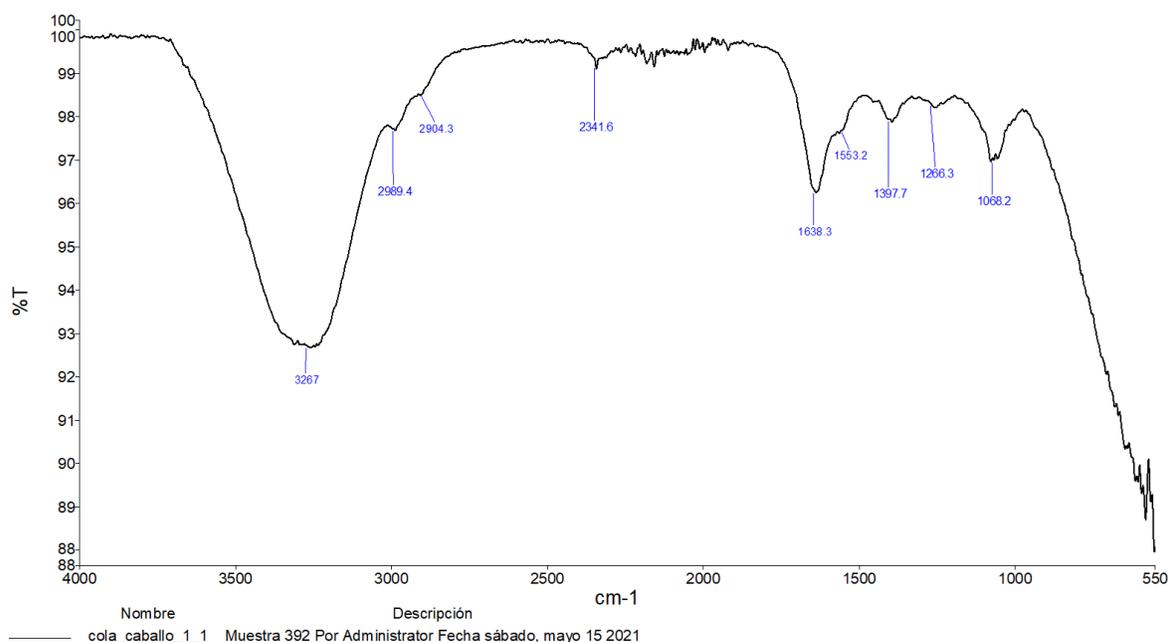
**Figura 15.** Espectrograma IR de la infusión de sangre de drago (*Jatropha dioica*)

Así mismo, se presentaron bandas a los 2985 y 2904  $\text{cm}^{-1}$  correspondientes a radicales -CH<sub>2</sub> y -CH<sub>3</sub> terminales. Las bandas en los 1634 y 1453  $\text{cm}^{-1}$  corresponden a los enlaces C = C en los anillos aromáticos de las moléculas de la mencionada familia fitoquímica,

así como su enlace C – O – C también se presentó en la banda de los 1249 cm<sup>-1</sup>; y la banda a los 1064 cm<sup>-1</sup> evidencia presencia de enlaces C – OH.

### Cola de caballo (*Equisetum hyemale* A. Br.)

Respecto a la infusión de la planta conocida como “cola de caballo”, a pesar de no detectarse presencia de ninguna de las familias fitoquímicas evaluadas en el tamiz, se obtuvo el espectrograma IR de la Figura 16. En él se presentó una banda amplia e intensa a los 3267 cm<sup>-1</sup>, correspondiente a grupos -OH, así como radicales -CH<sub>2</sub> y -CH<sub>3</sub> en las bandas a los 2989 y 2904 cm<sup>-1</sup>, respectivamente, aunque con una intensidad muy débil.

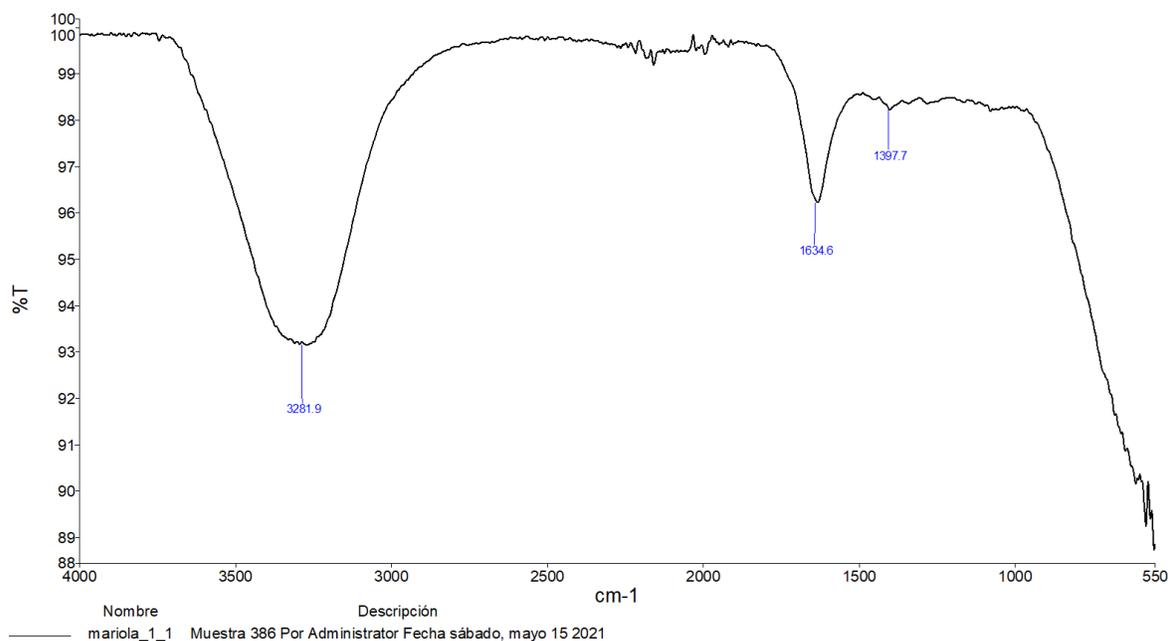


**Figura 16.** Espectrograma IR de la infusión de cola de caballo (*Equisetum hyemale* A. Br.)

Por otro lado, también se presentó una banda incipiente a los 2341 cm<sup>-1</sup>, correspondiente a enlaces C ≡ C. Las bandas a los 1638 y 1553 cm<sup>-1</sup> son correspondientes a enlaces C = C de los anillos aromáticos, y una banda débil a los 1068 cm<sup>-1</sup> que delata la presencia de enlaces C – OH.

Todos los enlaces, radicales y grupos funcionales identificados en esta infusión pertenecerían a compuestos fitoquímicos diferentes a los evaluados, por lo que sería necesario ampliar el tamiz con la finalidad de identificar a qué familia podrían pertenecer.

### Mariola (*Parthenium incanum* Kunth)

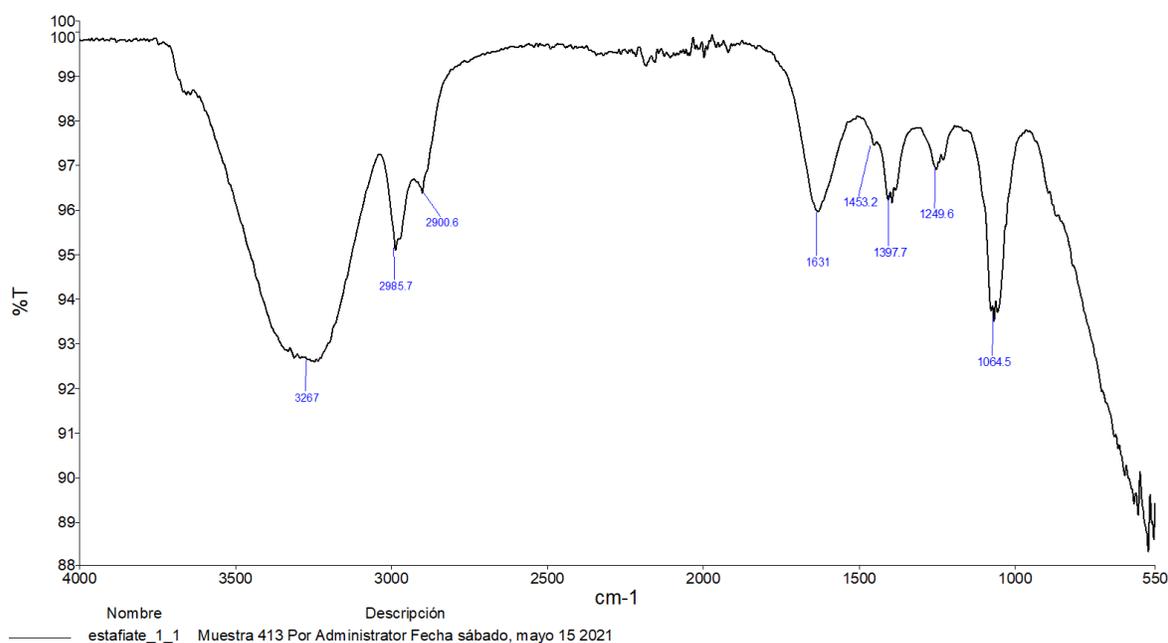


**Figura 17.** Espectrograma IR de la infusión de mariola (*Parthenium incanum* Kunth)

En el espectro IR de la infusión de mariola (Fig.17) sólo se encontró una banda muy amplia e intensa a los  $3281\text{ cm}^{-1}$ , correspondiente a los -OH de los fenoles, una aguda y de intensidad media a los  $1634\text{ cm}^{-1}$ , característica de los enlaces  $\text{C} = \text{C}$  de anillos aromáticos, y una banda muy débil a los  $1397\text{ cm}^{-1}$  correspondiente a radicales  $-\text{CH}_3$ . Sin embargo, en el tamiz fitoquímico de esta infusión resultaron positivas tres familias de compuestos: fenoles, esteroides y flavonoides, aunque de estos últimos no se evidenció el enlace  $\text{C} - \text{O} - \text{C}$  de alrededor de los  $1250\text{ cm}^{-1}$ , por lo que también para esta infusión se sugiere la ampliación del tamiz fitoquímico.

## Estafiate (*Artemisia ludoviciana* Nutt.)

En cuanto al espectrograma IR de la infusión de estafiate (Fig. 18), la banda amplia e intensa a los  $3267\text{ cm}^{-1}$  identifica grupos  $\text{-OH}$  correspondiente a los fenoles y esteroides presentes en la muestra, según el tamiz fitoquímico realizado.

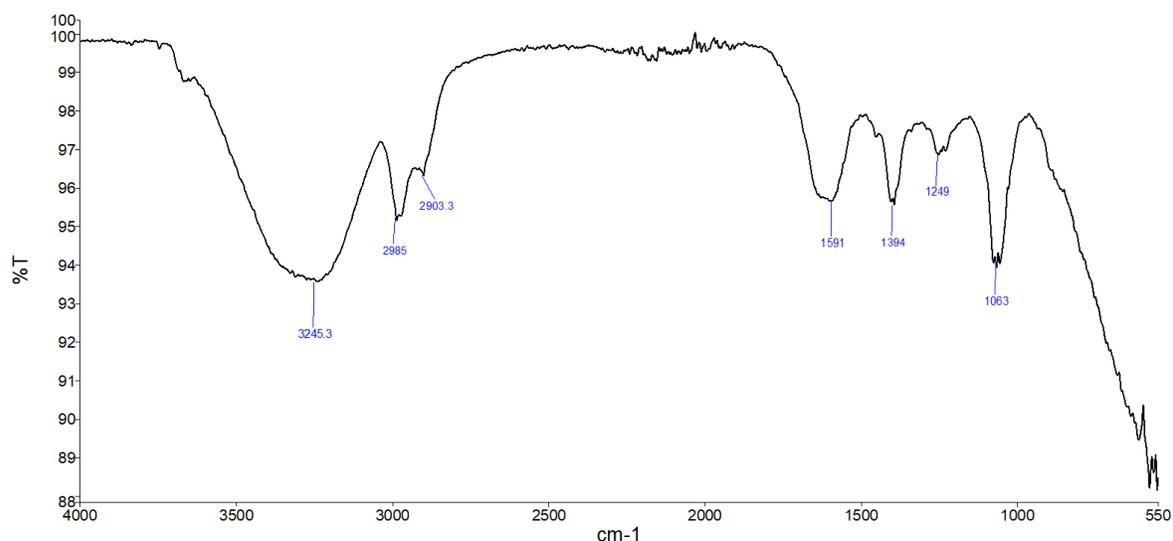


**Figura 18.** Espectrograma IR de la infusión de estafiate (*Artemisia ludoviciana* Nutt.)

Así mismo, se identifican radicales  $\text{-CH}_2$  y  $\text{-CH}_3$  en las bandas respectivas a los 2985 y  $2900\text{ cm}^{-1}$ , y radicales  $\text{-CH}_3$  en curva en la banda de los  $1397\text{ cm}^{-1}$ . Por otro lado, enlaces  $\text{C}=\text{C}$  correspondientes a anillos aromáticos se identificaron en las bandas de los 1631 y  $1463\text{ cm}^{-1}$ , así como también enlaces  $\text{C}-\text{O}-\text{C}$  en una banda débil a los  $1249\text{ cm}^{-1}$ , aunque este enlace no parece corresponder a las moléculas de las familias que dieron positivo en el tamiz, lo que hace la necesidad de ampliarlo en un estudio futuro. Por último, la banda aguda de intensidad media a los  $1064\text{ cm}^{-1}$  evidencia enlaces  $\text{C}-\text{OH}$  presentes en ambas familias fitoquímicas presentes en la muestra.

## Árnica morada (*Aster gymnocephalus* (DC) A. Gray)

En el caso del espectrograma IR de la infusión de árnica morada (Fig. 19), se obtuvo una banda amplia e intensa a los  $3245\text{ cm}^{-1}$ , correspondiente a los grupos  $-\text{OH}$ , así como la presencia de radicales  $-\text{CH}_2$  y  $-\text{CH}_3$  que se evidencian en las bandas a los  $1985$  y  $2903\text{ cm}^{-1}$ , respectivamente, y a los  $1394\text{ cm}^{-1}$  también para radicales  $-\text{CH}_3$ . La banda de los  $1591\text{ cm}^{-1}$  acusa la presencia de enlaces  $\text{C} = \text{C}$ , característica de los anillos aromáticos; así como a los  $1249\text{ cm}^{-1}$  se observó una banda débil correspondiente a enlaces  $\text{C} - \text{O} - \text{C}$ . por último, se identificó una banda aguda de intensidad media a los  $1063\text{ cm}^{-1}$ , correspondiente a los enlaces  $\text{C} - \text{OH}$ .

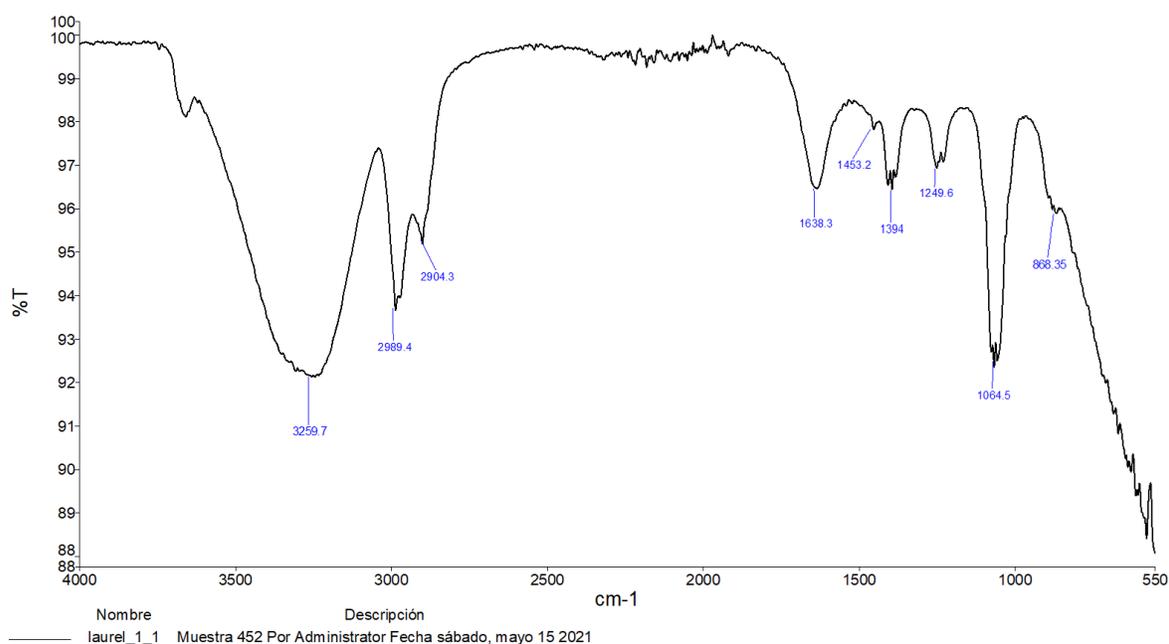


**Figura 19.** Espectrograma IR de la infusión de árnica morada (*Aster gymnocephalus* (DC) A. Gray)

Todos los radicales y enlaces detectados en este espectrograma parecen corresponder a la estructura molecular de la familia de los flavonoides, única que dio positivo en el tamiz para esta infusión, aunque no se descarta la presencia de otras familias de fitoquímicos no evaluadas.

## Laurel (*Listea pringlei* Bartlett)

En la Figura 20 se muestra el espectrograma IR correspondiente a la infusión de hojas de laurel, en él se identificó una banda amplia e intensa a los  $3259\text{ cm}^{-1}$ , correspondiente a grupos  $-\text{OH}$ , mismos que están presentes en las diferentes familias de fitoquímicos contenidas en esta infusión, según reveló el tamiz realizado previamente.



**Figura 20.** Espectrograma IR de la infusión de laurel (*Listea pringlei* Bartlett)

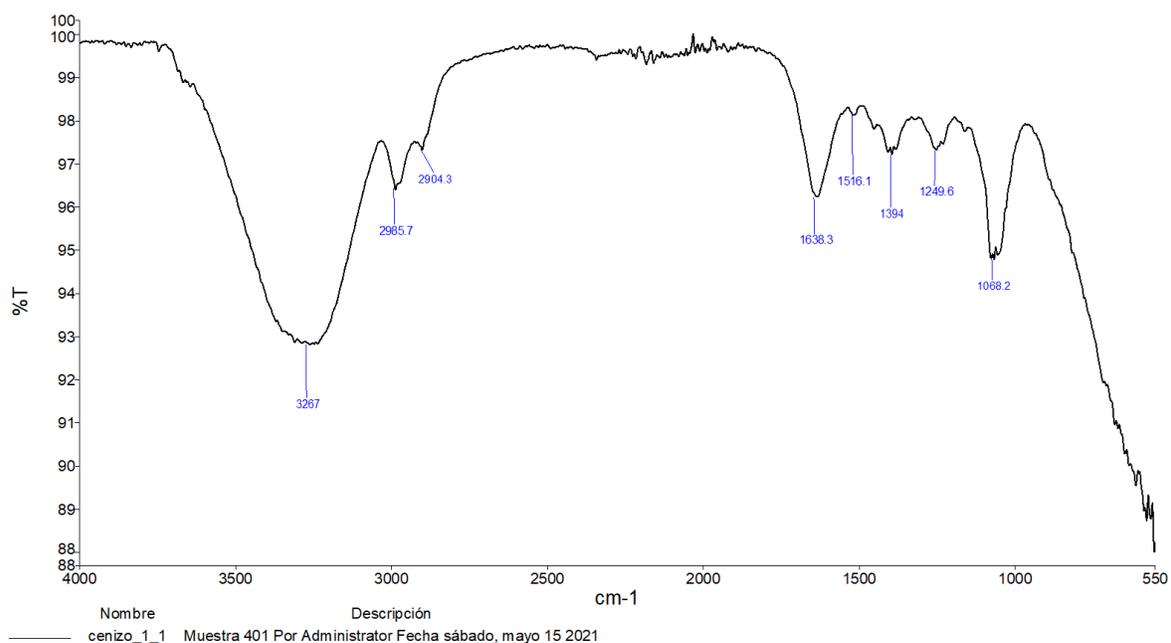
Radicales  $-\text{CH}_2$  y  $-\text{CH}_3$  también acusaron su presencia a través de las bandas a los 2989 y  $2904\text{ cm}^{-1}$ , respectivamente, así como radicales  $-\text{CH}_3$  a los  $1394\text{ cm}^{-1}$  y también presentes en las diferentes fitomoléculas identificadas.

Los enlaces  $\text{C} = \text{C}$ , correspondientes a anillos aromáticos, se presentaron en las bandas de los 1638 y  $1453\text{ cm}^{-1}$ ; así también, los enlaces  $\text{C} - \text{O} - \text{C}$  correspondientes, entre otras, a los esqueletos moleculares de leucoantocianidinas, se hicieron presentes a través de la banda de los  $1249\text{ cm}^{-1}$ , y una banda aguda e intensa a los  $1064\text{ cm}^{-1}$

denunció presencia de enlaces C – OH presente tanto en fenoles como en leucoantocianidinas, familias de fitoquímicos positivas en el tamiz realizado a la infusión de laurel.

### **Cenizo (*Leucophyllum frutescens* (Berl.) I.M. Johnst)**

Por último, la Figura 21 corresponde al espectrograma IR de la infusión de cenizo, en el cual se identificó una banda amplia e intensa a los  $3267\text{ cm}^{-1}$  correspondiente a los grupos -OH presentes en los fenoles, familia que dio positivo en el tamiz fitoquímico previo: así mismo, las bandas de los  $2985$  y  $2904\text{ cm}^{-1}$  corresponden, respectivamente a los radicales -CH<sub>2</sub> y -CH<sub>3</sub>, al igual de la banda a los  $1394\text{ cm}^{-1}$  corresponde a los radicales -CH<sub>3</sub>.



**Figura 21.** Espectrograma IR de la infusión de cenizo (*Leucophyllum frutescens* (Berl.) I.M. Johnst)

Por otro lado, una banda a los  $1638\text{ cm}^{-1}$  revela la presencia de enlaces C = C de los anillos aromáticos, presentes en la estructura molecular de ambas familias fitoquímicas

previamente identificadas; y la banda a los  $1249\text{ cm}^{-1}$  correspondería a los enlaces C – O – C de la estructura molecular de los flavonoides, así como la de los  $1068\text{ cm}^{-1}$  se refiere a la presencia de enlaces C – OH, presente en ambas familias de fitoquímicos.

## 8. CONCLUSIONES

Fue posible la identificación de plantas medicinales y/o terapéuticas de uso común en diferentes localidades rurales del semidesierto de la región sureste del estado de Coahuila de Zaragoza.

El acondicionamiento de las muestras de plantas en el laboratorio y el control sobre la concentración de las infusiones hizo posible la obtención de extractos útiles en la realización de un tamizaje fitoquímico en que se consideró a las más comunes moléculas bioactivas de importancia: fenoles, flavonoides, leucoantocianidinas, glucósidos cianogénicos y esteroides.

En cada caso se identificaron desde una hasta cuatro familias de fitoquímicos del tamiz realizado. Es de destacar que no se detectó en el tamiz la presencia de glucósidos cianogénicos.

Fue posible la obtención e interpretación de espectrogramas IR para cada una de las infusiones, a través de los cuales fue posible corroborar radicales, grupos funcionales y enlaces característicos de la estructura molecular de cada familia fitoquímica identificada.

Los resultados de este estudio revelaron la presencia de diferentes familias de fitoquímicos en cada una de las infusiones analizadas, predominando la presencia de fenoles y flavonoides.

Es necesario ampliar el tamiz fitoquímico, como sugerencia para una ampliación a este estudio, y así acrecentar la posibilidad de identificación de otras familias de moléculas bioactivas presentes en las plantas estudiadas y en otras por estudiar.

## 9. LITERATURA CITADA

- Álvarez, E & Orallo, F. (2003). Actividad biológica de los flavonoides (II). Acción cardiovascular y sanguínea. *Offarm: Farmacia y Sociedad*, 22(11), 102-110.
- Anzora-Vázquez, A.D. & Fuentes-Cañas, C.E. (2008). Obtención de un colorante a partir de *Musa paradisiaca* (plátano verde) con aplicación en la industria textil. Tesis profesional. Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador, C.A.
- Arrazola, G., Grané, N. & Dicenta, F. (2014). Importancia de los glucósidos cianogénicos en el sabor de los frutos de almendros (*Prunus dulcis* Miller) y su incidencia en la agroindustria. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(1): 55 – 66.
- Arrázola-Paternina, G. (2002). Análisis de glucósidos cianogénicos en variedades de almendro: implicaciones en la mejora genética. Tesis Doctoral. Universidad de Alicante. España.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (2021). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación. 28 de mayo de 2021.
- Cartaya, O., & Reynaldo, I. (2001). Flavonoides: Características químicas y aplicaciones. *Cultivos tropicales*, 22(2).
- Degolda, R. & Murray, J. (2017). Evolutionary Perspectives on the Role of Plant Secondary Metabolites. Chapter 7. In: S, Badal & R, Delgoda. *Pharmacognosy. Applications and Strategy*. Academic press. 93-100
- Ege, S. (1998). *Química orgánica: estructura y reactividad* (Vol. 2). Reverté.
- González-Alva, R. J. (2013). Contribución al estudio fitoquímico de *Martynia annua* (uña de gato). Tesis profesional. Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México.

- González-Cantú, M.G. (2014). Aislamiento y caracterización de compuestos derivados de plantas de la familia *Agavaceae* con efecto antimicrobiano sobre *Helicobacter pylori*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León, México.
- Hernández O., L., Aguilar, C.N., De la Cruz G., M.G., López L. L.L., Silva B. S.Y., Carranza R., P. (2014). Citotoxicidad e identificación química del fruto de *Solanum elaeagnifolium*. El docente en el campo de la investigación. Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, Coahuila, México.
- López R., R.G., De la Cruz G., M.G., López L., L.L., Silva B., S.Y. (2014). Análisis fitoquímico preliminar y evaluación del efecto antimicrobiano del extracto metanólico de *Solanum elaeagnifolium*. El docente en el campo de la investigación. Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, Coahuila, México.
- Marcano, D., Hasegawa, M. (2018). Fitoquímica orgánica. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Martínez M., A. (2020). Química de productos naturales. Universidad de Antioquía. Medellín. Colombia.
- Ming-Yen J. & Cheng-Chun Ch. (2010). Enhancement of antioxidant activity, total phenolic and flavonoid content of black soy beans by solid state fermentation with *Bacillus subtilis* BCRC14715. *Food Microbiology*. 2010. 587.
- Ochoa-Amado, L.S. & Sarmiento-Mora, A.J. (2018). Estudio fitoquímico de la especie vegetal *Bucquetia glutinosa* (L.f.) DC (Melastomataceae) y evaluación de su actividad biológica. Tesis profesional. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Bogotá, Colombia.
- Ochoa-Pacheco, A., Esalona-Arranz, J.C., Fachine-Tavares, J., Sobral-Da Silva, M. (2015). Evaluación fitoquímica de hojas de *Excoecaria lucida* Sw. (Aité)

- (*Euphorbiaceae*) y aislamiento e identificación de un hemiterpenoide. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 20(1): 117 – 130.
- OMS: Organización Mundial de la Salud. (2007). Regional workshop on recent developments in essential medicines. Colombo, Sri Lanka. Consultado el 23 de julio de 2021 en: <https://digicollections.net/medicinedocs/documents/s19037en/s19037en.pdf>
- Peñarrieta, J.M., Tejeda, L., Mollinedo, P., Vila, J., Bravo, J.A. (2014). Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos. *Revista Boliviana de Química*, 31(2): 68 – 61.
- Pergaud, L; Kuete, V. (2013). Triterpenes and Steroids from the Medicinal Plants of Africa. En V, Kuete., (Ed.). (2013). *Medicinal plant research in Africa: Pharmacology and chemistry*. Newnes.
- Pourmorad F., Hosseinimehr S. J., Shahabimajd N. (2006). Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. *African Journal of Biotechnology* 5 (11): 1142-1145.
- PROFEPA (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente). (2021). Inventario Nacional Forestal. Disponible el 02 de septiembre de 2021 en: [http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/255/1/mx/universo\\_de\\_atencion\\_en\\_materia\\_forestal.html](http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/255/1/mx/universo_de_atencion_en_materia_forestal.html)
- Quintanilla-Licea, R., Vargas-Villarreal, J., Verde-Star, M.J., Rivas-Galindo, V.M., Torres-Hernández, A.D. (2020). Antiprotozoal activity against *Entamoeba histolytica* of flavonoids isolated from *Lippia graveolens* Kunth. *Molecules*, 2020(25): 2464.
- Rodríguez Acosta, M. G. (2013). Comparación y análisis de extractos de *Psittacanthus calyculatus* y *Phoradendron tomentosum* para su uso en el desarrollo de alimentos

- funcionales para diabéticos tipo 2. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Rojo-Callejas, F. (2021) Tablas para la interpretación básica de espectros en la región infrarroja. Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México. Consultado el 15 de agosto de 2021 en: [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Tabla\\_de\\_IR\\_20785.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Tabla_de_IR_20785.pdf)
- SEMA (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2021). Programa Estratégico Forestal para el estado de Coahuila 2005 – 2025. Disponible el 28 de agosto de 2021 en: [https://www.sema.gob.mx/SRN/DESCARGABLES/PROGRAMA\\_ESTRATEGICO\\_FORESTAL\\_2005-2025.pdf](https://www.sema.gob.mx/SRN/DESCARGABLES/PROGRAMA_ESTRATEGICO_FORESTAL_2005-2025.pdf)
- Shriner, R.L., Fuson, R.C. & Curtin, D.Y. (1999). Identificación sistemática de compuestos orgánicos. Limusa noriega Editores. México, D.F., México.
- Sunita Maurya & Dhananjay Singh. (2010) Quantitative analysis of total phenolic content in *Adhatoda vasica* nees extracts. *International Journal of Pharm Tech Research*. 2010. 2404, 2405.
- Stalikas C. D. (2007). Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *Journal of Separation Science* 2007. 3268-3295.
- Tahir, M. A., Abbasi, M. S. A., & Meer, S. (2020). Phytochemical Analysis of *Oregano majorana* L. by Using FTIR Spectroscopic Technique. *Asian Journal of Research in Botany*, 4(1), 27-32. Retrieved from <https://www.journalajrib.com/index.php/AJRIB/article/view/30108>
- Torres N., M.A., López L., Ll.L., De la Cruz G., M.G., González Z., M.A., Silva B., S.Y. (2014). Efecto antimicrobiano del fruto de *Solanum elaeagnifolium*. El docente en

el campo de la investigación. Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, Coahuila, México.

Valdez-Solana, M.A., Alvarado-Cedillo, K.R., Meza-Velázquez, J.A., Ramírez-Baca, P., Sierra-Campos, E. (2016). Análisis fitoquímico preliminar de las hojas de *Moringa olerifera* Lam. *Revista Mexicana de Industria y Salud*, 4(1): 2 – 5.

## 10. ANEXOS

### Anexo 1: Formato de entrevista.



Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro  
División de Ciencia Animal

Nombre: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_  
Localidad: \_\_\_\_\_  
Municipio: \_\_\_\_\_

1. ¿Utiliza usted plantas medicinales?

SI   
NO

2. ¿Cuáles y para qué las usa?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. ¿Recolecta usted plantas medicinales silvestres?

SI   
NO

4. ¿Comercializa usted plantas medicinales?

SI   
NO

5. ¿Conoce usted por qué o cómo funcionan las plantas medicinales?

SI   
NO

6. ¿Considera que conocer lo anterior es importante para negociar un mejor precio en caso de vender plantas de uso medicinal y/o terapéutico? ¿Por qué?

SI   
NO

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

¡Muchas gracias por su cooperación!