



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD XOCHIMILCO

División de Ciencias Biológicas y de la Salud

Departamento de Sistemas Biológicos

Licenciatura en Química Farmacéutica Biológica

Informe de Servicio Social

Proyecto Genérico del Departamento de Sistemas Biológicos:

Obtención de materias primas, principios activos, medicamentos y productos biológicos.

Etapas: Extracción de principios activos o sustancias auxiliares a partir de productos naturales.

TÍTULO DEL PROYECTO

“Revisión bibliográfica de estudios experimentales analíticos, preclínicos y clínicos de plantas usadas en la medicina tradicional mexicana del año 2016 al 2021. Un análisis de su seguridad y eficacia”.

Asesor interno: Dr. Fernando Rodríguez Ramos

Asesor externo: Dra. María Salud Pérez Gutiérrez

Presenta la Alumna: Mirna Hernández Chabolla

Matricula: 2162027323

Fecha de inicio: 9 de Agosto de 2021
Fecha de término: 28 de Febrero de 2022

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
ANTECEDENTES	4
Medicina Tradicional Mexicana	4
Las plantas como fuentes de nuevos fármacos	5
OBJETIVO GENERAL	6
Objetivos particulares	6
METODOLOGÍA	7
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8
CRITERIOS DE LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	8
ACTIVIDAD BIOLÓGICA	9
Actividad antimicrobiana	10
Actividad citotóxica.....	14
Actividad antioxidante	17
Actividad antiinflamatoria	19
Actividad antifúngica	20
Actividad antihelmítica	22
Inhibición enzimática.....	23
Capacidad cicatrizante	24
Actividad ansiolítica.....	25
Actividad antinociceptiva	26
Actividad repelente de moscos	27
Actividad hipoglucémica.....	28
Actividad antihipertensiva	28
Actividad antimutagénico	29
ESTUDIOS DE SEGURIDAD	30
MÉTODOS ANALÍTICOS DE CUANTIFICACIÓN	33
CONCLUSIÓN	36
BIBLIOGRAFÍA	37

INTRODUCCIÓN

En el siguiente informe se presenta una revisión bibliográfica de investigaciones científicas experimentales relacionadas con el estudio de la seguridad y eficacia únicamente de plantas usadas en la medicina tradicional mexicana del año 2016 al 2021, con el fin de recopilar evidencia que pondere el uso medicinal de las plantas en nuestro país y permita la identificación analítica del material vegetal utilizado como materia prima en la elaboración de medicamentos herbolarios, ya que en México, existe una diversidad amplia de plantas medicinales con diversos efectos terapéuticos que son comúnmente utilizados por la población de manera empírica desde tiempos ancestrales.

Como resultado de la revisión, se encontró que el uso de tecnologías de vanguardia de aislamiento y caracterización de metabolitos secundarios, así como de extractos vegetales han potenciado el estudio de las plantas medicinales por lo que es un campo de investigación esencial en la búsqueda de nuevas moléculas bioactivas con potencial uso terapéutico

Uno de los campos de investigación en el estudio de plantas medicinales con mayor interés en nuestro país, son aquellos enfocados en la búsqueda de nuevos antibióticos, como un aporte al tratamiento de enfermedades causadas por microorganismos infecciosos, que han generado resistencia a diversos antibióticos.

Además de los estudios sobre enfermedades infecciosas, se encontraron otros enfocados en enfermedades relacionadas con procesos inflamatorios y enfermedades crónicas. Así mismo, se muestra información de estudios sobre la seguridad y métodos analíticos de identificación con el fin de que dicha información sirva para el planteamiento de nuevas hipótesis de investigación en la búsqueda de compuestos bioactivos a partir de plantas medicinales o permita ponderar el uso tradicional.

ANTECEDENTES

Medicina Tradicional Mexicana

México es considerado un país que cuenta con un amplio uso de la herbolaria medicinal, uno de los primeros registros que plasma la interacción entre el hombre y el uso de plantas medicinales en México es el *Libellus de medicinalibus indorum herbis*, conocido como Códice de la Cruz-Badiano, es considerado el primer documento en donde se representan plantas americanas específicamente mexicanas y el uso que le daban los aztecas fue escrito en 1552 por el médico nahua Martín de la Cruz y traducido al latín por Juan Badiano. (Turner, 2007). Otro de los compendios del que se tiene registro es el Códice Florentino en 1938, *Historia General*, el cual exponía el uso de la medicina tradicional de pueblos indígenas, aunque no fue muy aceptado ya que no se tenía la suficiente información sobre diferentes plantas tóxicas. Mientras que entre 1571 y 1576 el médico español Francisco Hernández recorrió la región central del país para recolectar plantas y animales que describió en la *Historia natural de la Nueva España*, fueron aproximadamente cerca de 2000 plantas, la mayoría medicinales y muchas dibujadas por tlacuilos (pintores) nativos; esta obra es considerada la visión española de la herbolaria medicinal indígena en México y una de las fuentes más completas del tema (Turner, 2007; De Loera *et al*, 2020).

Con el paso del tiempo se ha continuado con la recopilación de información acerca del uso y costumbres de distintas culturas en el manejo de plantas medicinales, hasta llegar a lo que hoy conocemos como la Farmacopea Herbolaria de los Estados Unidos Mexicanos, la cual contiene información acerca de la caracterización de plantas medicinales utilizadas como materias primas en la elaboración de medicamentos herbolarios. El estudio de las plantas medicinales ha evolucionado y ha permitido tener la posibilidad de aislar nuevas moléculas bioactivas con efectos farmacológicos potenciales para su aplicación terapéutica (Turner, 2007; De Loera *et al*, 2020).

Las plantas como fuentes de nuevos fármacos

En la actualidad aproximadamente el 70% de los medicamentos que se usan en farmacoterapia se elaboran a partir de principios activos de origen vegetal, aunque sean sintéticos o semisintéticos están relacionados estructuralmente con los productos naturales aislados de plantas o microorganismos (Newman & Cragg, 2020) por lo que es indudable que las plantas medicinales producen sus efectos terapéuticos debido a su contenido químico.

Al menos el 80% de la población en el mundo usa la medicina tradicional, esto ocasiona un problema a nivel mundial, ya que por la demanda de dichos tratamientos, la devastación y depredación de las fuentes naturales ha ocasionado que muchas especies vegetales se vean sobre explotadas y casi extintas (Madrid de Zito, 2011), es por ello que se busca que la recopilación de información científica pondere el uso tradicional de la planta y contribuya a la conservación de las fuentes naturales.

Como se planteó anteriormente las plantas contienen componentes químicos biológicamente activos llamados metabolitos secundarios, dicha actividad biológica es potencial para la investigación y desarrollo de nuevos fármacos con fines terapéuticos. Los metabolitos secundarios se pueden aislar y caracterizar en miles de especies y en distintas partes de las plantas (raíces, tallos, hojas, flores, frutos, semillas) y se consideran estructuralmente diversos (Arraiza, 2017). Se pueden agrupar por su origen biosintético, como compuestos fenólicos, terpenos, alcaloides, carotenos entre otros. La variación estructural también se refleja en las múltiples actividades biológicas reportadas relacionadas con la salud humana (Pereira, 2013).

OBJETIVO GENERAL

Se desarrolló una revisión bibliográfica del año 2016 al 2021 acerca de los métodos analíticos de cuantificación, seguridad y eficacia de las plantas medicinales usadas en la medicina tradicional mexicana como una aportación a la ponderación de su uso terapéutico.

Objetivos particulares

1. Se realizó una búsqueda inicial de artículos científicos experimentales de plantas usadas en la medicina tradicional en México, en un periodo de 5 años (2016-2021) de información que permitiera cuantificar su identidad, seguridad y eficacia.
2. Se contrastó la información recabada con las plantas medicinales enlistadas en la FHEUM, con el fin de identificar aquellas plantas cuyos estudios experimentales contribuyan al entendimiento de su seguridad y eficacia.
3. Para la obtención de evidencia de la seguridad y la eficacia se realizó una búsqueda de métodos analíticos de identificación y estudios experimentales preclínicos y si es posible clínicos, que avalen el efecto terapéutico o actividad biológica de las plantas seleccionadas.
4. Para poder ponderar el efecto terapéutico o actividad biológica de las plantas usadas en la medicina tradicional mexicana, se consideró si los estudios proveen evidencia de la seguridad y eficacia.

METODOLOGÍA

Se realizó una revisión bibliográfica que comprendió del año 2016 al 2021 en la base de datos Web of Science con las palabras clave “traditional medicine AND plant AND Mexico AND biological activity”. Se incluyeron artículos científicos experimentales de plantas medicinales utilizadas en México, así como aquellos que incluían reportes de métodos instrumentales para cuantificar su identidad, seguridad y eficacia. Por último se incluyeron aquellos que mostraban evidencia de la seguridad de la planta analizada. Para ampliar más los resultados obtenidos, se realizó una segunda búsqueda modificando las palabras clave a “Plant AND Mexico AND biological activity”.

Una vez realizado el análisis de los artículos que fueron seleccionados se generó un cuadro en Excel almacenado en: https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1O_ZATcSU_J7Q1u7o2MhRY7t5CUaIM_MVL donde se seleccionaron los datos necesarios que contribuyen al cumplimiento del objetivo general, para la selección de los artículos se plantearon criterios de selección basados en los objetivos particulares para poder incluirlos en la revisión bibliográfica, para lo cual se seleccionaron artículos científicos experimentales en revistas de factor de impacto, incluyendo “Open-access” y de pago que se encontraran vigentes en la Bidiuam y realizados en México, no se incluyeron “reviews” y se seleccionaron solo aquellos que contaran con evidencia de la seguridad, eficacia o actividad biológica de las plantas analizadas. Toda esta información quedó asentada en una bitácora que se entregó al asesor interno.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CRITERIOS DE LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

De la revisión bibliográfica utilizando las palabras clave “traditional medicine AND plant AND Mexico AND biological activity” arrojó un total de 139 artículos científicos experimentales publicados que contenían estudios preclínicos de los cuales solo 43 fueron seleccionados para el cumplimiento de los objetivos particulares planteados. Del análisis de los 139 artículos, el año en el cual se encontraron más estudios a plantas medicinales fue en el año 2020, recabando un total de 37 artículos científicos, de los cuales solo 13 fueron seleccionados.

El siguiente año en el cual se encontraron más estudios realizados a partir de material vegetal fue en el año 2018, recabando un total de 27 artículos, y descartando 22, dejando solamente 5 artículos que pudieron ser analizados. En el año 2017 se encontraron 25 artículos, de los cuales solo 7 fueron seleccionados para ser parte del proyecto, descartando 1 por repetición y 18 por no cumplir con los criterios iniciales.

En los últimos años, se recabaron 14 artículos en el año 2021, de los cuales se analizaron 7, descartando 7, para el año 2019 se encontraron 23 de los cuales solo 9 fueron seleccionados (Figura 1). Cabe resaltar que en la primera búsqueda que se realizó, en el año 2016 no se encontraron investigaciones de material vegetal, por lo cual también fue un factor determinante para la utilización de palabras clave “Plant AND Mexico AND biological activity”, recabando un total de 13 artículos, de los cuales solo 2 cumplieron con los criterios de selección, es así como en total se analizaron 43 de artículos.

Los criterios que se utilizaron para el descarte de los artículos fueron: que no se generaba un estudio al material vegetal, no se habían realizado en México, que algunos eran de paga no disponibles en la Bidium y que fueron revisiones.

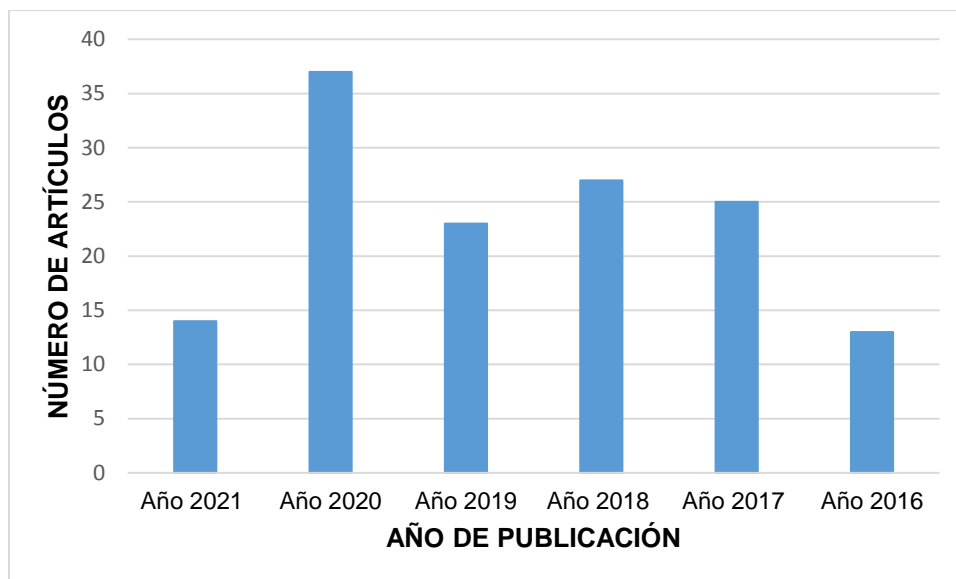


Figura 1. Número de artículos científicos experimentales publicados sobre plantas medicinales del año 2016 al 2021.

ACTIVIDAD BIOLÓGICA

Con respecto a la actividad biológica, en 19 artículos se evalúa la actividad antimicrobiana de plantas medicinales mexicanas por lo que se observa un mayor interés en este tipo de investigaciones. De actividad citotóxica se contaron 10 artículos, actividad antioxidante se obtuvieron 12 artículos, con respecto a la actividad antiinflamatoria fueron 6, para los estudios donde se evaluó la toxicidad se encontraron 6 artículos, para lo que fue la actividad antifúngica y antihelmítico se encontraron 3 para cada una, para la inhibición enzimática se localizaron 2 y otros modelos de evaluación con un artículo respectivamente (Figura 2).

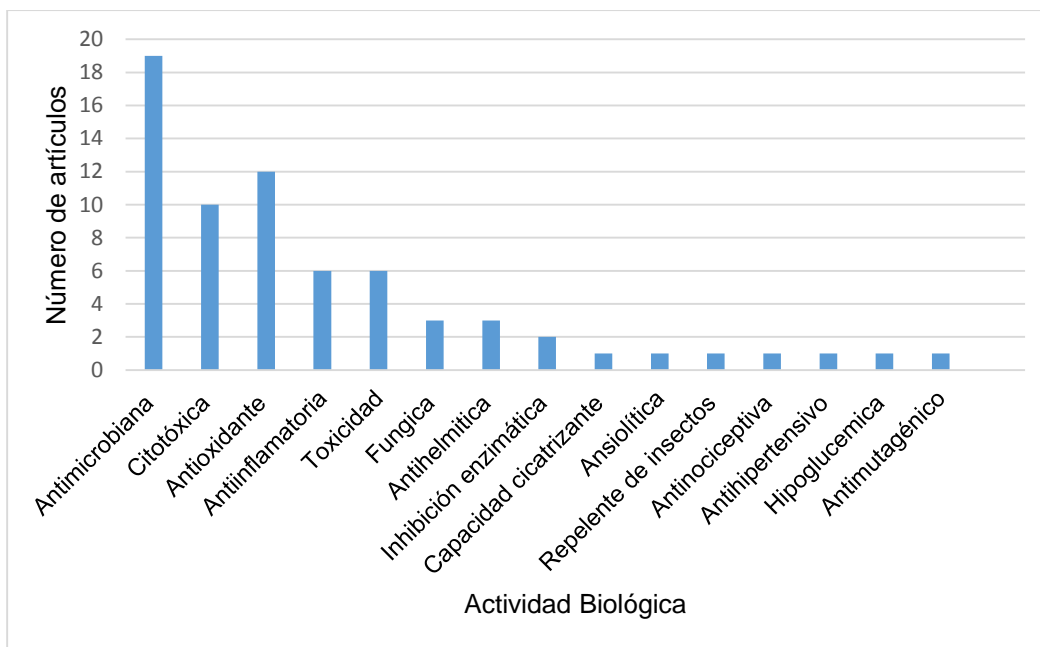


Figura 2. Artículos científicos experimentales en los cuales se generó un estudio de distintas actividades biológicas.

Actividad antimicrobiana

Posteriormente al análisis de los 19 artículos recabados se pudo observar que los extractos obtenidos en su mayoría por maceración fueron probados en distintas cepas patógenas y en algunos de ellos se identificaron los metabolitos responsables de generar esta actividad. En la tabla 1 se puede visualizar el extracto y la concentración mínima inhibitoria (CMI), el nombre y género de la planta, la parte utilizada de planta y el microorganismo evaluado. Se pudo observar que los extractos más utilizados para la realización del análisis son: *n*-hexano (Hex), acuoso (AC), agua destilada (AD), etanol (EtOH), diclorometano (Dm), metanol (MetOH), acetato de etilo (AcOEt) y cloroformo (Clm).

Tabla 1. Extractos utilizados en plantas medicinales para la determinación de la actividad antimicrobiana.

Nombre de la planta	Parte de la planta	Extracto	Microorganismo	Efectos evaluados del material vegetal (CMI / µg/mL)	Referencia
<i>Agave cupreata</i>	HS	Hex	<i>S. aureus</i>	16	(Salazar <i>et al</i> , 2017)
			<i>P. aeruginosa</i>		
			<i>S. epidermidis</i>		
			<i>S. simulans</i>		
			<i>S.haemolitycus</i>		
	HA	AC	<i>S. hominis</i>		
			<i>S. simulans</i>		
	HS	Dm	<i>S. aureus</i>		
			<i>P. aeruginosa</i>		
			<i>S. epidermidis</i>		
<i>S. simulans</i>					
PA	Hex	<i>M. tuberculosis</i>	64		
			128		
<i>Bonellia macrocarpa</i>	H	AC	<i>C. albicans</i>	30	(Rodríguez <i>et al</i> , 2019)
<i>Argemone mexicana</i>	TH	MetOH	<i>T. vaginalis</i>	63.6	(Elizondo <i>et al</i> , 2020)
<i>Bursera morelensis</i>	CT	MetOH	<i>S. aureus</i>	1000	(Martínez <i>et al</i> , 2018)
			<i>S. epidermidis</i>		
			<i>E. faecalis</i>		
			<i>E. coli</i>		
			<i>E. cloacae</i>		
PA	Hex	<i>M. tuberculosis</i>	4000		
			4000		
<i>Brickellia cavanillesii</i>	H	AD	<i>E. coli</i>	3.37	(De alba <i>et al</i> , 2020)
			<i>P. aeruginosa</i>		
			<i>S. aureus</i>		
			<i>E. faecalis</i>		
<i>Calceolaria thyrsoiflora</i>	H	Hex	<i>A. tumefaciens</i>	50	(Valdés <i>et al</i> , 2020)
		Dm			
		EtOH			
	CS	Hex	<i>B. subtilis</i>	200	
		Dm		50	
EtOH	400				
<i>Chenopodium ambrosioides</i>	CS	MetOH	<i>C.ambrosioides</i>	4375	(Knauth <i>et al</i> , 2018)
			<i>C. mexicanum</i>	137	
			<i>E. carlinae</i>	1094	
<i>Cnidocolus chayamansa</i>	HS	MetOH:Cl m	<i>M. tuberculosis</i>	50	(Pérez <i>et al</i> , 2017)
			<i>S. mutans</i>	250	
			<i>S. aureus</i>	500	
			<i>Sa. mr</i>	1000	
			<i>S. epidermidis</i>	1000	
			<i>E. feaecalis</i>	125	

<i>Cyrtocarpa procera</i>	CT	MetOH	<i>A. viscosus</i>	500	(Martínez <i>et al</i> , 2018)	
			<i>P. aeruginosa</i>	8000		
			<i>P. agglomerans</i>	1000		
			<i>E. coli</i>	8000		
			<i>E. cloacae</i>	1000		
			<i>V. cholerae</i>	4000		
<i>Heliopsis sinaloensis</i>	HT	MetOH	<i>S. typhimurium</i>	0.6	(Olivas <i>et al</i> , 2017)	
<i>Ibervillea sonora</i>	RV	MetOH	<i>H. contortus</i>	8	(Torres <i>et al</i> , 2020)	
		Hex		3.5		
		EtOAc		40		
<i>Jatropha neopauciflora</i>	PA	MetOH (1)	<i>S. aureus</i>	100	(Hernández <i>et al</i> , 2017)	
			<i>S. epidermis FES-C</i>			
			<i>B. subtilis FES-C</i>			
			<i>S. pneumoniae</i>			500
			<i>E. aerogenes</i>			2000
			<i>V. cholerae</i>			2000
	PA	MetOH (2)	<i>P. aeruginosa</i>	4000		
			<i>S. aureus</i>	4000		
			<i>S. pneumoniae</i>			
			<i>E. aerogenes</i>	4000		
			<i>E. coli</i>	1000		
			<i>V. cholerae</i>	4000		
<i>Jatropha vernicosa</i>	CT	AC	<i>V. parahaemolyticus</i>	100	(Silva <i>et al</i> , 2020)	
<i>Jacquinia macrocarpa</i>	PA	MetOH	<i>F. verticillioides</i>	625	(Valenzuela <i>et al</i> , 2020)	
<i>Lopezia racemosa</i>	HSF	MetOH	<i>S. aureus</i>	100	(Vergara <i>et al</i> , 2019)	
			<i>A. baumannii</i>	250		
			<i>E. coli</i>	500		
<i>Malvaviscus arboreus</i>	HF	AC	<i>P. aeruginosa</i>	27	(Rodríguez <i>et al</i> , 2019)	
			<i>E. coli</i>	26		
			<i>L. monocytogenes</i>	24		
<i>Manilkara zapota</i>	HF	AC	<i>P. aeruginosa</i>	27		
			<i>S. aureus</i>	14		
			<i>E. coli</i>	28		
<i>Phoradendron bollanum</i>	HTL	AC	<i>X. campestris</i>	1178 ± 5.6	(García <i>et al</i> , 2021)	
			<i>C. michiganensis</i>	0.533		
			<i>A. alternata</i>	7.43		
			<i>F. oxysporum</i>	0.40 ± 0.03		
<i>Rhizophora mangle</i>	HF	AC	<i>P. aeruginosa</i>	26	(Rodríguez <i>et al</i> , 2019)	
			<i>V. cholerae</i>	11		
			<i>E. coli</i>	26		
			<i>E. coli O157:H7</i>	24		
			<i>S. aureus</i>	28		

<i>Salvia sessei</i>	PC	Hex	<i>S. hominis</i>	12.5	(Gómez <i>et al</i> , 2018)
		Dm	<i>S. haemolyticus</i>	100	
			<i>E. faecalis</i>		
			<i>S. hominis</i>		
		MetOH	<i>S. haemolyticus</i>	50	
<i>E. faecalis</i>	12.5				
<i>Solanum donianum</i>	HF	AC	<i>V. cholerae</i>	23	(Rodríguez <i>et al</i> , 2019)
			<i>L. monocytogenes</i>		
<i>V. album subsp. Austriacum</i>	HTL	AC	<i>X. campestris</i>	3224 ± 10,23	(García <i>et al</i> , 2021)
			<i>C. michiganensis</i>	18.01 ± 1.71	
			<i>A. alternata</i>	64. 80 ± 2.33	
			<i>F. oxysporum</i>	44.24 ± 6.5	

Nota: En esta tabla se generaron abreviaturas para sintetizar y homogenizar la información. PA: Partes aéreas, HF: Hojas frescas, H: Hojas, BI: Bulbo, HS: Hojas secas, RC: Raíces, HT: Hojas y tallos, PC: Planta completa, CT: Corteza, CS: Corteza seca, HS: Hoja y semilla, FPA, Flor y partes aéreas, TL: Tallos, SM: Semillas, TS: Tallos secos, RV: Raíces verdes, FT: Frutos, *S. aureus* methicillin resistant.

De los 19 artículos que evaluaron la actividad antimicrobiana, en 4 de ellos aislaron compuestos biactivos que posteriormente fueron probados para dicha actividad en distintas cepas y obtuvo una (CMI) (Tabla 2).

Tabla 2. Compuestos biactivos aislados para evaluar la actividad antimicrobiana de las plantas.

Nombre de la planta	Microorganismo	Metabolito aislado	Efectos evaluados del metabolito aislado (CMI/ µg/mL)	Referencia
<i>Cissus incisa</i>	<i>S. aureus</i>	Ceramida (1)	200	(Nocedo <i>et al</i> , 2021)
	<i>S. epidermidis</i>			
	<i>E. faecium</i>			
	<i>A. baumannii</i>			
	<i>E. coli</i>			
	<i>P. aeruginosa</i>			
	<i>K. pneumoniae</i>			
	<i>S. aureus</i>	Derivado acetilado de la ceramida (2)	200	
	<i>S. epidermidis</i>			
	<i>E. faecium</i>			
	<i>A. baumannii</i>			
	<i>E. coli</i>			
	<i>P. aeruginosa</i>			
	<i>K. pneumoniae</i>			
	<i>S. aureus</i>	Sessein (3)	100	
	<i>S. haemolyticus</i>			
	<i>E. faecalis</i>			
	<i>S. pyogenes</i>			

<i>Salvia sessei</i>	<i>S. epidermidis</i>	Isosessein (4)	100	(Gómez <i>et al</i> , 2018)
	<i>S. hominis</i>		248.75	
	<i>E. coli</i>			
	<i>K. pneumoniae</i>		100	
	<i>S. aureus</i>		248	
	<i>S. haemolyticus</i>			
	<i>E. faecalis</i>			
	<i>S. pyogenes</i>			
	<i>S. epidermidis</i>		100	
	<i>S. hominis</i>			
	<i>E. coli</i>			
<i>K. pneumoniae</i>				
<i>Ambrosia confertiflora</i>	<i>M. tuberculosis</i>	Santamarina (5)	128	(Coronado <i>et al</i> , 2016)
		Reynosina (6)	64	
		1,10-Epoxipartenolida (7)	128	
<i>Zanthoxylum limoncello</i>	<i>H. pylori</i>	2-undecanona (8)	195,6±1,9	(Villa <i>et al</i> , 2018)

Actividad citotóxica

Otra de las actividades que tuvo un número considerable de estudios fue la actividad citotóxica, en la cual posteriormente al análisis inicial se encontraron 10 artículos enfocados al estudio de dicha actividad. Para el análisis se tomó en consideración la parte de la planta, el nombre, la línea celular, la concentración letal cincuenta (CL₅₀) y si se había ensayado algún compuesto bioactivo durante los ensayos.

Las líneas celulares incluidas en los artículos fueron: células de adenocarcinoma de mama humano (MDA-MB-231), células de melanoma metastásico de ratón (B16-F10), fibroblastos embrionarios de ratón primario (MEF), células de adenocarcinoma colorrectal (CACO-2), células de ovario de hámster chino (CHO-K1), células epiteliales humanas de pulmón/bronquio (BEAS-2B), células cancerígenas de colon humano (HT29), líneas celulares monocíticas derivadas de humanos THP-1 (ATCC TIB-202), fibroblastos normales (PromoCell, C-12352), línea celular de cáncer de mama (MCF-7), células de cáncer de cuello uterino humano (HeLa), línea celular de cáncer de cuello uterino escamoso (SiHa), adenocarcinoma de próstata (DU-145) y línea celular U-937 de linfoma humano (Tabla 3 y 4).

Tabla 3. Extractos utilizados en la evaluación de la actividad citotóxica en plantas.

Nombre de la planta	Parte de la planta	Extracto	Línea celular	Concentración letal (CL ₅₀ /µg mL)	Referencia
<i>Ficus crocata</i>	H	Hex	MAD-MB-231	164,05	(Sánchez <i>et al</i> , 2020)
		Act		78,49	
		Dm		32,43	
<i>Rhus trilobata</i> Nutt.	TL	AC	CACO-2	5	(Varela <i>et al</i> , 2019)
			BAES-2B	800	
			CHO-K1	600	
<i>Kalanchoe daigremontiana</i>	H	EtOH	HT-29	42,81	(Vergara <i>et al</i> , 2019)
		MetOH			
<i>Bursera copallifera</i>	HS	MetOH	MDA-MB-231	12,43	(Dominguez <i>et al</i> , 2018)
			MCF-7	34,88	
<i>Amphipterygium adstringens</i>	CS	MetOH	CACO-2	342	(Knauth <i>et al</i> , 2018)
<i>Chenopodium ambrosioides</i>	FT			45	
<i>Ibervillea sonora</i>	RC	MetOH	HeLa	40	(Torres <i>et al</i> , 2020)
<i>Flourensia microphylla</i>	H	EtOH	HT-29	400	(Jasso <i>et al</i> , 2017)
		Act		70	
<i>Anona cherimola</i>	H	EtOH	U-937	24.5	(Calzada <i>et al</i> , 2020)

Nota: En esta tabla se generaron abreviaturas para sintetizar y homogenizar la información. PA: Partes aéreas, HF: Hojas frescas, H: Hojas, Bl: Bulbo, HS: Hojas secas, RC: Raíces, HT: Hojas y tallos, PC: Planta completa, CT: Corteza, CS: Corteza seca, HS: Hoja y semilla, FPA, Flor y partes aéreas, TL: Tallos, SM: Semillas, TS: Tallos secos, RV: Raíces verdes, FT: Frutos.

Posterior al análisis de cada artículo, se encontró que tres de ellos aislaron distintos compuestos que posteriormente fueron utilizados para probar la actividad citotóxica de cada uno (Tabla 4), además se incluyeron las estructuras de cada uno de los metabolitos utilizados en cada estudio.

Tabla 4. Metabolitos biactivos utilizados para la evaluación de la actividad citotóxica en plantas.

Nombre de la planta	Parte de la planta	Metabolito responsable	Línea celular	Concentración letal (CL ₅₀ / µg mL)	Referencia
<i>Calceolaria thyrsoiflora</i>	H	(-)-(2 S)-5,3',4'-trihidroxi-7 – metoxiflavanona (9)	MAD-MB-231	48.72± 9,32	(Valdés <i>et al</i> , 2020)
			B16-F10	8.07 ± 1.61	
			MEF	31,01 ± 3,69	
<i>Ibervillea sonorae</i>	RC	Kinoína A (10)	HeLa	8	(Torres <i>et al</i> , 2020)
		Cucurbitacina IIb (11)		3.5	
<i>Bonellia macrocarpa</i>	RC	1,3,5,6-tetrametoxi-8-metilnaftaleno (12)	HeLa	345.83	(Vila <i>et al</i> , 2017)
			SiHa	228	
			MCF-7	324	
			DU-145	485	
		3,5-Dihidroxi-1,2,2-trimetil-benzociclobutano (13)	SiHa	1233	
			MCF-7	1179	
			DU-145	889	
		3-metoxi-5-octilfenol (14)	HeLa	577	
			SiHa	262	
			MCF-7	356	
			DU-145	590	

Nota: En esta tabla se generaron abreviaturas para sintetizar y homogenizar la información. PA: Partes aéreas, HF: Hojas frescas, H: Hojas, BI: Bulbo, HS: Hojas secas, RC: Raíces, HT: Hojas y tallos, PC: Planta completa, CT: Corteza, CS: Corteza seca, HS: Hoja y semilla, FPA, Flor y partes aéreas, TL: Tallos, SM: Semillas, TS: Tallos secos, RV: Raíces verdes, FT: Frutos.

Actividad antioxidante

Con respecto a los estudios enfocados a la determinación de la actividad antioxidante se encontraron 12 artículos, para su determinación se utilizaron distintos métodos: DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo), TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity), ORAC (Oxygen radical absorbance capacity), ABTS (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico), CUPRAC (Capacidad de reducción del ion cúprico), FRAP (Ferric reducing antioxidant power), estos métodos fueron utilizados para probar los efectos antioxidantes de diversas plantas.

A continuación se describen los estudios realizados a las distintas plantas: *Turnera diffusa* (*Turneraceae*), por medio del extracto metanólico generado a partir de las hojas y utilizando el método DPPH, se determinó que el extracto fue dependiente de la dosis y tuvo su máxima captación de radicales a una concentración de 200 µg/mL (Reyez *et al*, 2020), para la determinación de la actividad antioxidante de *Kalanchoe daigremontiana* (*Crassulaceae*), se generó un extracto acuoso y metanólico, los cuales fueron probados en tres métodos diferentes (ORAC, TEAC y ABTS) y se concluyó que los extractos tuvieron actividad antioxidante significativa (Vergara *et al*, 2019), para la actividad antioxidante de la planta *Randia echinocarpa* (*Rubiaceae*) se utilizaron los métodos DPPH Y ABTS para su determinación, los extractos metanólicos se obtuvieron a partir de los callos, cotiledones e hipocotíleos. El extracto de cotiledones mostro una actividad antioxidante mayor que los demás, el valor obtenido de DPPH fue más alto (345,5 µmol TE por 100 g ps), para los callos e hipocotilos fueron muy bajos, aunque se determinó que contaban con actividad antioxidante significativa (Valenzuela *et al*, 2020).

La actividad antioxidante de los extractos mostrada por *Mitracarpo hirtus* (*Rubiaceae*), *Jatropha cinerea* y *Jatropha cordata* (*Euphorbiaceae*), se determinó para ambas por los métodos DPPH, ABTS, FRAP y CUPRAC. Los resultados obtenidos para las plantas analizadas muestran que cuentan con actividad antioxidante gracias a la presencia de compuestos fenólicos que permiten la eliminación de radicales libres, esto deja un espacio para seguir generando

investigaciones enfocadas a los beneficios de esta planta (Etienne *et al*, 2021; Vega *et al*, 2021).

Los determinación de la actividad antioxidante a las plantas *Flourensia microphylla*, *Salvia sessei*, *Rhus trilobata*, *Bixa orellana*, *Jatropha neopauciflora* se generó con la utilización de métodos ante mencionados (DPPH, ABTS, TEAC), los resultados obtenidos describen que los extractos obtenidos de cada una de ellas cuentan con actividad antioxidante significativa, esta actividad se asocia principalmente a los compuestos como flavonoides, terpenoides y polifenólicos (Jasso *et al*, 2017; Gómez *et al*, 2018; Varela *et al*, 2019; Zarza *et al*, 2017; Hernández *et al*, 2017).

De los estudios encontrados se realizaron dos investigaciones que determinaron la concentración inhibitoria 50 (IC₅₀) y la concentración efectiva de los extractos generados, en el caso de *Verbesina crocata* (*Asteraceae*) se generó un extracto metanólico con las partes aéreas y una fracción rica en fenoles, para la determinación de la actividad antioxidante se utilizaron los métodos DPPH, ABTS y el contenido de fenoles totales, usando como controles positivos quercetina y catequina en una concentración de 1-10 µg/mL DPPH y 250 mM ABTS. El análisis realizado de su capacidad para reducir el radical DPPH mostro que la IC₅₀ era igual a 432.56 ± 15.72 µg/mL, mientras que la quecetina y la catequina tenían valores de IC₅₀ (5.01 ± 0.01 µg/mL y 6.6 ± 0.25 µg/mL, respectivamente). En cuanto a los compuestos fenólicos totales se obtuvo una IC₅₀ de 1554.57 ± 12.50 µg/mL. Con los datos obtenidos la *Verbesina crocata* cuenta con baja actividad antioxidante frente a los radicales DPPH, ABTS y fenoles totales (García *et al*, 2020).

En el segundo estudio se utilizaron doce plantas nativas de Yucatán, con las hojas de cada planta se generó un extracto acuoso y se determinó la actividad antioxidante por el método DPPH. Los resultados obtenidos muestran que de las doce plantas analizadas, *Anthurium schlechtendalii* presentó el menor contenido (226.71 µg GAE/mL de extracto), mientras que *Manilkara zapota* presentó el mayor contenido (1.738,47 µg GAE/mL de extracto). Los contenidos de flavonoides de los extractos en términos de equivalente de catequina estuvieron entre 117.20 µg CE/mL de extracto y 2930,07 µg CE/mL de extracto, *Anthurium schlechtendalii*

también mostró el contenido más bajo (226.7 µg GAE/mL) mientras que *Sonalum donianum* exhibió el más alto (2930 µg CE/ mL). Se sabe que los polifenoles y los flavonoides tienen actividad antioxidante y es probable que la actividad de los extractos acuosos en este estudio se debe a estos compuestos. Esta actividad se cree que se debe principalmente a sus propiedades redox, que juegan un papel importante en la adsorción y neutralizar los radicales libres (Rodríguez *et al*, 2019).

Actividad antiinflamatoria

Se encontraron 6 artículos donde se analizaba la actividad antiinflamatoria, se utilizaron como especímenes a *Tagetes lucida*, *Salvia sessei*, *Flourensia microphylla*, *Psacalium paucicapitatum*, *Agave cupreata* y *Bixa orellana*.

El aceite esencial generado a partir de *Tagetes lucida* fue administrado por vía intraperitoneal a ratas Wistar hembra en una dosis de 10 y 31 mg/Kg y β-cariofileno en distintas dosis (3,16 y 10 mg/Kg) para evaluar si generaban daño gástrico. Una vez concluido el experimento se determinó que no generaban daño gástrico en ninguna de las concentraciones administradas (Hernández *et al*, 2020).

Se generaron tres extractos (diclorometano, hexano y metanol) con las partes aéreas del espécimen *Salvia sessei*, se utilizaron ratones ICR macho para evaluar los efectos antiinflamatorios por el modelo de edema en oreja de ratón, administrando 1 mg/oreja de los extractos. Los resultados obtenidos fue determinar el porcentaje de inhibición, se obtuvieron 40.55 % para hexano, 56.01 % para diclorometano y 66.05 % para metanol. En cuanto al fármaco control que fue indometacina se obtuvo un porcentaje de 75.24 %. Se concluyó que las partes aéreas de *Salvia sessei* cuentan con actividad antiinflamatoria y puede ser tomada como terapia alternativa (Gómez *et al*, 2018).

Se generaron dos estudios en donde se utilizaron *Psacalium paucicapitatum* y *Flourensia microphylla* en células de cáncer de colon (HT-29). En el caso de *Flourensia microphylla* se utilizaron hojas para generar tres extractos (etanol y acetona), se administraron dos concentraciones (0.01 y 0.05 mg/mL) respectivamente, los resultados obtenidos indicaron que hubo una protección a nivel

epitelial por parte del extracto de acetona, este puede considerarse como un tratamiento antiinflamatorio natural ya que durante el experimento inhibió la ciclooxigenasa-2 (COX-2) la cual es responsable del inicio del proceso inflamatorio (Jasso *et al*, 2017).

Para el estudio realizado a *Psacalium paucicapitatum* se utilizaron los cormos para generar un extracto acuoso, se utilizó una concentración de 0.5 mg/mL para determinar su efectividad frente a HT-29, una vez concluido el experimento se pudo observar que inhibía la COX-2, lo cual indica que cuenta con efectos antiinflamatorios favorables (De Rodríguez *et al*, 2017).

En los estudios realizados a *Bixa orellana* y para *Agave cupreata* se utilizaron modelos animales para determinar el efecto antiinflamatorio de los extractos obtenidos. En el caso de *Agave cupreata* se utilizaron ratones ICR hembra albinos, que por medio del modelo Carragenina Footpad Edema (CFE) se les administro 20 µL de λ-carragenina (1%) en la pata derecha, para el edema de oreja de ratón inducido por TPA se les administro tópicamente 20 µl de TPA (12-O-tetradecanoilforbol-13-acetato, 2.5 µg por oreja). El extracto de diclorometano tuvo una dosis efectiva 50 (ED₅₀) de 107.55 mg/Kg en el caso de CFE y para el modelo TPA se determinó un ED₅₀ = 1.21 mg/Kg. Esto indica que las hojas de *Bixa orellana* fueron capaces de inhibir el proceso inflamatorio (Salazar *et al*, 2017).

El estudio realizado a *Bixa orellana* se utilizaron las hojas y se generaron tres extractos (hexano, metanol y acetato de etilo) los cuales fueron administrados en ratas macho Wistar en el modelo CFE, se les administró 0.1 mL de Carragenina, se determinó que los extractos tuvieron un efecto antiinflamatorio significativo en el modelo de edema de rata (Zarza *et al*, 2017).

Actividad antifúngica

En cuanto al estudio de la actividad antifúngica se encontraron 3 estudios enfocados al análisis de esta actividad. Los estudios encontrados se realizaron a cinco plantas diferentes *Lopezia racemosa* (*Onagraceae*), *Jatropha neopauciflora* (*Euphorbiaceae*), *Calceolaria thyrsiflora* (*Calceolariaceae*).

Para *Calceolaria thyrsiflora* se prepararon tres extractos (etanol, hexano y diclorometano) con las partes aéreas de la planta, la actividad antifúngica se evaluó utilizando la técnica de prueba de crecimiento radial en medio de gar de papa y dextrosa (PDA) en dos cepas distintas: *B. cinérea* y *P. cinnamomi*, utilizando como fármacos de referencia (Captan y Metalaxil), en los resultados se pudo observar que el extracto de diclorometano en una concentración de 150 y 250 mg/mL tuvo un porcentaje de inhibición de 19 % y 36% frente a *B. cinerea* respectivamente y en cuanto a *P. cinnamomi* obtuvo 86 y 91 % de inhibición; para el extracto de etanol se obtuvo un 30 % en *P. cinnamomi* de inhibición y no mostro actividad significativa para la cepa *B. cinerea*; para el extracto de hexano se obtuvo un porcentaje de 62 y 70 % en *B. cinerea*. Aunque se obtuvieron resultados favorables los extractos no mostraron una actividad significativa en comparación de los fármacos control que obtuvieron el 100% de inhibición en ambas cepas (Valdes *et al*, 2020).

Para el estudio a *Lopezia racemosa* se generó con el uso de hojas secas tres extractos (metanol, cloroformo y hexano), para determinar la actividad antifúngica, se utilizaron hongos filamentosos que incluyeron *A. fumigatus* y *T. mentagrophytes*. Posteriormente al análisis realizado los resultados mostraron que en una concentración de 40 µg/mL inhibió a *T. mentagrophytes*, en cuanto a *A. fumigatus* no se observó que tuviera efectos inhibitorios sobre esta cepa (Vergara *et al*, 2019). En cuanto al estudio a *Jatropha neopauciflora* se generaron con las partes aéreas un extracto metanólico el cual se utilizó en un método de inhibición de crecimiento radial usando un medio PDA al que se le administro 10 µL del extracto. Una vez concluido el análisis, se encontró que la cepa más sensible fue *T. mentagrophytes* en una concentración inhibitoria (CI) de 1.07 mg/mL, para la cepa *F. moniliforme* se encontró una IC de 2.7 mg/mL y para las cepas *Aspergillus sp* y *A. niger* se encontró una CI de 4 mg/mL respectivamente, esto indica que el extracto tuvo un efecto significativo durante el estudio, concluyendo que es efectivo en la inhibición de dichas cepas (Hernández *et al*, 2017).

Actividad antihelmítica

En la búsqueda inicial se encontraron 3 artículos que determinaban la actividad antihelmítica en distintos especímenes vegetales. En el primer artículo encontrado se determinó la actividad de *Allium sativum*, *Zingiber officinale*, *Ocimum basilicum*, *Castela tortuosa*, *Allium cepa* y *Carica papaya* contra huevos, adultos y oncomiracidios de *Neobenedenia spp.* Se generó un extracto agua-etanol (70:30) el cual obtuvo como resultado que en el caso de *Zingiber officinale* que redujo la supervivencia de los adultos y oncomiracidios, en cuanto a *Ocimum basilicum* se determinó que el linealol presente en la planta inhibe los procesos enzimáticos lo cual generó una disminución significativa en la producción de huevos y la supervivencia de los adultos, en cuando a las demás plantas se dio una reducción en la supervivencia de los adultos, lo cual indica que los extractos de la planta para el tratamiento de *Neobenedenia sp* cuentan con efectos favorables (Trasviña *et al*, 2017).

Se generó un estudio a *Acacia farnesiana* perteneciente a la familia *Fabaceae*, donde se utilizaron las vainas de la planta para la generación de un extracto hidroalcohólico (agua-metanol 70:30), para probar la actividad antihelmítica contra nematodos *Haemonchus contortus* en corderos mestizos “Katahdin”, los cuales fueron infectados con una dosis única de 350 *H. contortus* L₃/Kg y se realizó el recuento de huevos en las heces (FEC). La tasa de reducción que se obtuvo al terminar el experimento fue de 67.7 %, el fármaco control (albendazol) mostro una efectividad del 99.6 %; también se dio una reducción significativa en larvas de 68.5 %. Con los resultados obtenidos se concluye que las vainas cuentan con actividad antihelmítica, esta planta puede considerarse como alternativa viable para el tratamiento contra *H. contortus* (Olmedo *et al*, 2020).

Se realizó otro estudio probando el efecto de diez plantas frente a *H. contortus* (*Leucaena leucocephala*, *Mimosa bahamensis*, *Gymnopodium floribundum*, *Senegalia gaumeri*, *Bunchosia swartziana*, *Lysiloma latisiliquum*, *Piscidia piscipula*, *Havardia albicans*, *Acacia pennatula* y *Acacia collinsii*) generando un extracto de acetona-agua (70:30) de las hojas de cada espécimen, utilizando el mismo método

antes mencionado en diferentes concentraciones (3600, 2400, 1200, 600, 300 y 150 µg/mL). En este experimento se determinó la concentración efectiva 50 (EC₅₀) a la cual se dio un efecto sobre adultos y larvas de *H. contortus*. Los extractos con menor EC₅₀ fueron los de *A. pennatula* y *S. gaumeri* (EC₅₀ 415.5 y 401.8 µg/mL respectivamente). Los extractos de plantas que mostraron la EC₅₀ más alta fueron *H. albicans* y *L. latisiliquum* (EC₅₀ 2572 µg/mL y 2528 µg/mL respectivamente). Para el extracto de *B. swartziana* no fue posible calcular el EC₅₀ contra los huevos a las concentraciones probadas, en cuanto a las demás plantas no se pudo determinar la EC₅₀ (Castañeda *et al*, 2018).

Inhibición enzimática

Con respecto a la actividad de inhibición enzimática se encontraron 2 artículos, los cuales describen el funcionamiento de los inhibidores de enzimas presentes en plantas medicinales.

El primer estudio se generó a *Mitracarpus hirtus* perteneciente a la familia *Rubiaceae*, se conoce comúnmente como “gathia gobi” o abor din” y se utiliza para curar fracturas óseas, las infusiones de sus hojas ayudan a la fiebre, ansiedad, trastornos mentales, enfermedades de la piel, picaduras de insectos, como antibiótico y antiséptico. Para probar los efectos inhibitorios se generaron tres extractos (acuoso, diclorometano, acetato de etilo y metanol) utilizando las partes aéreas y para detectar los efectos inhibidores sobre las enzimas, se utilizó un ensayo colorimétrico de inhibición que incluyeron tirosinasa, α-glucosidasa, α-amilasa y colinesterasas, se usaron algunos inhibidores estándar como galantamina (GALAE/g), ácido kójico (mg KAE/g) y acarbosa (mmol ACAE/g).

En los resultados se pudo encontrar que el extracto acuoso inhibió débilmente las actividad de α-amilasa (0.15 ± 0,01 mmol ACAE/g) y α-glucosidasa (1.78 ± 0.06 mmol ACAE/g); el extracto metanólico fue el inhibidor más fuerte en la enzima tirosinasa (93.39±0.58 mg/g), en cuanto al extracto de diclorometano mostro inhibición hacia las enzimas tirosinasa (54.76 ± 3.05 mg KAE/g), α-amilasa (0.84 ± 0.03 mmol ACAE/g) y α-glucosidasa (2.97 ± 0.11 mmol ACAE/g). En cuanto al

extracto acuoso no mostro una inhibición significativa hacia las enzimas utilizadas para esta investigación (Etienne *et al*, 2021).

El segundo artículo se generó hacia el estudio de los efectos inhibidores de *Tecoma stans* perteneciente a la familia *Bignoniaceae*, se generó un extracto hidroalcohólico con las hojas de las plantas y se utilizó el método espectrofotométrico indirecto utilizando la enzima lipasa porcina tipo II.

El tipo de inhibición se determinó cuantificando la actividad con y sin inhibidor (0.1 mg/mL) a distintas concentraciones del extracto (25, 50, 200, 400, 500, 750 y 1000 µg/mL), posteriormente a esto se determinó una concentración inhibitoria 50 (IC₅₀) de 282 µg/mL, este resultado fue considerado favorable, este ensayo generado permitió describir el mecanismo de acción por la cual esta planta medicinal podría ayudar a inhibir la enzima lipasa pancreática y dar una alternativa en la prevención de la diabetes tipo 2 (Ramírez *et al*, 2016).

Capacidad cicatrizante

Verbesina crocata perteneciente a la familia *Asteraceae* conocida comúnmente como “árnica” o “capitaneja” es endémica de México y es utilizada principalmente para dar tratamiento a heridas, quemaduras, antidiabético, diurético, antipirético, astringente y para infecciones oftálmicas.

Para la generación de la prueba de la capacidad cicatrizante se utilizaron las partes aéreas (tallos y hojas), para la obtención del extracto metanólico se emplearon ratones CD-1 (*Mus musculus*), utilizando como parámetros para la evaluación de la cicatrización de heridas: a) la velocidad de cierre de herida (WCS, mm/día), b) el tiempo de cierre final (FCT, día), c) la resistencia de la piel a la fuerza de tracción necesaria para abrir la herida en gramos, d) también se realizó un análisis histológico para determinar en qué fase de cicatrización de la piel se encontraba.

Se contaba con un tamaño inicial de la herida en los especímenes de $15.83 \pm 0,54$ mm, después de ser tratados con el extracto metanólico generado, se pudo observar

que se tuvo una cicatrización más rápida en los ratones ($1.26 \pm 0,90$ mm/día), también se determinó que la fuerza requerida para abrir la herida (g) en los ratones tratados con el extracto aumento, paso de 526 ± 140.3 g a 700 ± 148.3 g y el estudio histológico arrojó que hubo una epitelización normal en los especímenes tratados con el extracto metanólico, estos resultados indican que la aplicación tópica de *Verbesina crocata* acelera el proceso de cicatrización al reducir el tiempo de cierre de la herida y promover la reorganización cutánea (García *et al*, 2020).

Actividad ansiolítica

En relación a los estudios de la actividad ansiolítica se encontró un artículo, el cual fue realizado a *Galphimia glauca* perteneciente a la familia *Malpighiaceae* conocida comúnmente como “árnica roja”, que se encuentra principalmente en regiones tropicales y subtropicales. Es una planta mexicana utilizada para tratar el asma, las alergias, trastornos mentales, epilepsia, miedo, fobia, ansiedad y estrés (Ríos *et al*, 2020).

Por medio de los extractos de las partes aéreas de clorofomo y metanol se identificaron 3 compuestos bioactivos, la *Glaucacetalina E (15)*, *Galfimidina B (16)* y *Galfimidina (17)* y también se utilizó Diazepam como fármaco de referencia, estos fueron utilizados para la evaluación ansiolítica en ratones ICR macho, utilizando tres modelos distintos: prueba de campo abierto, tablero perforado y cilindro de exploración (Ríos *et al*, 2020).

Para probar sus efectos ansiolíticos, se les administró por vía oral 300 mg/Kg de los compuestos identificados, se observó que tienen un efecto dependiente de la dosis, los tres compuestos utilizados tuvieron efectos ansiolíticos favorables en los tres modelos utilizados, pero solo la *Galfimidina* fue la más activa de los tres, mostrando un efecto similar al diazepam. Los resultados obtenidos demuestran que los compuestos cuentan con potencial ansiolítico similar a la dosis dependiente, reforzando el uso potencial de *Galphimia glauca* en el tratamiento de la ansiedad (Ríos *et al*, 2020).

Actividad antinociceptiva

Con respecto a la actividad antinociceptiva de los 43 analizados inicialmente, solo se encontró un artículo enfocado al estudio de esta actividad.

Tagetes lucida Cav es una planta ancestral mexicana perteneciente a la familia *Asteraceae*, su nombre común varía según las regiones en la que es utilizada, incluyen “yauhtli”, “pericón”, “sarnosa”, “flor de Santa María”, y “yerba anís”. Los estudios farmacológicos del género de esta planta con respecto a su aceite esencial son pocos; sus propiedades se describen en términos de actividades antioxidantes, antimicóticas, antihelmínticas, insecticidas, antiinflamatorias, antibacterianas y antinociceptivas.

Para la generación del aceite esencial se utilizaron las partes aéreas de la planta recolectada durante la época de floración y se identificó un componente bioactivo, el β -cariofileno (**18**), ambos se utilizaron para determinar la actividad antinociceptiva por medio de la *prueba de retorcimiento* y la *prueba de formalina*. Para la realización de la prueba de retorcimiento se utilizaron ratones Swiss Webster a los cuales se les administro por vía intraperitoneal ácido acético al 1 % para inducirles nocicepción abdominal, para esta prueba se evaluaron el aceite esencial (0.1, 1.0 y 10 mg/Kg), el β -cariofileno (3, 16 y 10 mg/Kg) y el metamizol como fármaco de referencia en una dosis de 80 mg/Kg.

Posterior al análisis se obtuvo que el aceite esencial y el metabolito bioactivo produjeron una actividad antinociceptiva significativa al reducir las contorciones de manera dependiente de la dosis, reduciendo la nocicepción en un 75.39 % a dosis de 10 mg/Kg de forma similar al β -cariofileno a dosis de 3.16 y 10 mg/Kg respectivamente.

Para la *prueba de formalina* se utilizaron ratas Wistar (hembras) a las cuales se les indujo la nocicepción química con la inyección de 50 μ L en el área subplantar de la pata trasera derecha con formalina al 1 %, se utilizó el aceite esencial (3.16, 10 y 31.62 mg/Kg), β -cariofileno (3.16, 5.62 y 10 mg/Kg) y como fármaco de referencia indometacina en una dosis de 20 mg/Kg.

El aceite esencial mostro una reducción significativa a dosis de 10 y 31.62 mg/Kg y el β -cariofileno a dosis de 5.62 y 10 mg/Kg produjo antinocicepción del 34 y 73 % respectivamente. Con estos resultados y las pruebas realizadas se concluye que tanto el aceite esencial y el metabolito bioactivo cuentan con potencial terapéutico para el tratamiento de afecciones gastrointestinales, al obtener resultados favorables durante el estudio (Hernández *et al*, 2020).

Actividad repelente de moscos

Con respecto a la actividad repelente, se analizó el artículo en el cual se probaba a la planta *Zanthoxylum limoncello*, la es nativa del sur de México perteneciente a la familia *Rutaceae*, es comúnmente conocida como “culantrillo” por su olor y sabor similar al del cilantro, es usada como repelente natural de insectos y como condimento. Para la realización del ensayo repelente de mosquitos se utilizó el aceite esencial y una cepa de *Aedes aegypti* comúnmente conocido como “mosquito del dengue”, y se utilizó N,N-dietil-3-metilbenzamida (DEET) como estándar de referencia.

Para la realización de la prueba se utilizó un grupo control con 100 μ L de DEET al 20 %; 100 μ L de aceite esencial al 20 %; 100 μ L de 2-undecanona al 5 %; 100 μ L de 2-undecenal (**19**) al 5 %, (dos metabolitos bioactivos identificados en el artículo) y se determinó el conteo de aterrizaje durante cinco minutos.

Los resultados obtenidos en cuanto al aceite esencial se pudo observar que ejerció un efecto de repelencia comparable al del DEET, en cuanto a los metabolitos 2-undecanona y 2-undecenal produjeron un efecto más prolongado que el DEET, esto pudo deberse al efecto de los vapores de estos compuestos. Por lo tanto la actividad repelente que proporciona el aceite esencial es considera efectivo contra *Aedes aegypti* (Villa *et al*, 2018).

Actividad hipoglucémica

Posterior al análisis inicial, se encontró solo un artículo que evaluaba la actividad hipoglucémica. Se ha reportado que los efectos de *Psacalium paucicapitatum* conocida comúnmente como “camote de venado”, es una planta endémica de México, se ha utilizado tradicionalmente en infusiones para el control de la diabetes mellitus, principalmente en la disminución de colesterol, triglicéridos y una reducción en citosinas inflamatorias.

Para la generación de las infusiones de la planta se utilizaron los cormos y se realizó el ensayo de Bromuro de 3-(3,4 -dimetiltiazol-2-il)-2,5- difeniltetrazolio (MTT) para evaluar el efecto citotóxico de la infusión y así poder ser seleccionado para la prueba experimental *in vivo*. Para la determinación de la actividad hipoglucémica se utilizaron ratones hembras (cepa C57BL/6) a los cuales se les generó una prueba de tolerancia a la glucosa (GTT), administrando 1 miligramo de glucosa por cada gramo de peso corporal.

Posteriormente a esto, los resultados obtenidos de la infusión mostraron un efecto modulador en la concentración de glucosa del 65.2 % con el tratamiento de *Psacalium paucicapitatum* esto evidenció su efecto hipoglucémico, lo que sugiere que la preparación tradicional de esta planta es una medicina alternativa adecuada para el tratamiento de diabetes (De Rodríguez *et al*, 2017).

Actividad antihipertensiva

Con respecto a la evaluación de la actividad antihipertensiva se encontró un artículo enfocado en la investigación de esta actividad en la búsqueda inicial.

Se generó un estudio a la planta *Malva parviflora* perteneciente a la familia *Malvaceae* es una planta que se distribuye por todo el país y los usos etnobotánicos son muy diversos, se utiliza para el tratamiento de heridas, contusiones, abscesos, fiebre, dolor de cabeza, herpes labial, infecciones y para problemas renales. Para la determinación de la actividad antihipertensiva se utilizaron ratones machos albinos ICR, se les generó hipertensión crónica inducida por AGII administrando una

dosis de (0.0064, 0.016, 0.04, 0.10 y 0.25 µg/Kg) por vía intraperitoneal. Se generaron dos extractos (metanol y acetato de etilo), del extracto de acetato de etilo se pudieron aislar dos compuestos bioactivos: la escopoletina **(20)** y la tilirosida **(21)**.

Posterior a la administración de 10 y 20 mg/Kg de escopoletina se observó un efecto hipertensivo, encontrando una dosis efectiva cincuenta (ED₅₀) de 0.12 µg/kg, además el extracto de acetato de etilo tuvo un efecto favorable, esto puede deberse a la presencia de la escopoletina y en cuanto a la tilirosida se pudo observar que cuenta con efectos vasorrelajante (Lagunas *et al*, 2019).

Actividad antimutagénico

En esta búsqueda bibliográfica se encontró un artículo referente al estudio de la actividad antimutagénica, se enfocó en dos especies vegetales.

La investigación se centró en probar la actividad de dos plantas endémicas de México, *Helicteres vegae* (*Sterculiaceae*) y *Heliopsis sinaloensis* (*Asteraceae*) son especies que han sido estudiadas para el tratamiento de enfermedades infecciosas y antibacterianas.

Se generó un extracto metanólico para ambas especies utilizando las hojas (*Helicteres vegae*) y los tallos (*Heliopsis sinaloensis*), la actividad antimutagénica se evaluó mediante el ensayo de microsuspensión de Ames, utilizando la cepa *Salmonella entérica typhimurium* YG1024 y 1-nitropireno (1-NP) como mutágeno, evaluando el porcentaje de inhibición.

Posteriormente al estudio, los resultados obtenidos para *Helicteres vegae* utilizando una concentración de 1000 µg/placa y de 500 µg/placa, se obtuvo un porcentaje de inhibición de 85.7 % y 78.5 % respectivamente; en cuanto a *Heliopsis sinaloensis* utilizando las mismas concentraciones se encontró un porcentaje de inhibición de 83.4 y 74.4 %.

Esto nos indica que el extracto metanólico mostro una fuerte inhibición de la mutagenicidad de 1-NP en un porcentaje de 63-86% en ambas concentraciones evaluadas. Esto sugiere que los resultados obtenidos pueden ser fuente de nuevas

terapias o suplementos de tratamiento y prevención de enfermedades crónico-degenerativas (Olivas *et al*, 2017).

ESTUDIOS DE SEGURIDAD

En relación a los estudios de la seguridad, se encontraron 6 artículos donde se determina la toxicidad del material vegetal. En cuatro de estos se generó estudios de toxicidad aguda y subaguda en modelos animales y en dos de ellos se llevó a cabo el estudio de toxicidad en el modelo de *Artemia salina* (*A. salina*).

El estudio realizado a *Cnidoscolus chayamansa* (Mc Vaugh) una planta perteneciente a la familia *Euphorbiaceae* conocida comúnmente como “espinaca mexicana”, que por medio del extracto de hojas secas de cloroformo: metanol (CHCl₃:MeOH) y de acuerdo al procedimiento de prueba de la Organization Economic Cooperation and Development (OECD/TG 047) Test Guidelinese, se generó un estudio de toxicidad aguda en ratones BALB macho, posteriormente se les administró 2.1 y 0.5 g/kg de extracto por vía intraperitoneal. Tras el análisis llevado a cabo, se determinó que la DL₅₀ para el extracto de (CHCl₃:MeOH) era mayor a 2 g/Kg, ya que a esta dosis no se observó alteración ni letalidad en los especímenes utilizados. (Pérez *et al*, 2017).

Para la determinación de la toxicidad subaguda fue determinada por el método (OECD/TG 047), se utilizaron ratones BALB macho a los cuales se les administro 1 g/kg del extracto de (CHCl₃:MeOH) por vía intraperitoneal durante 28 días. Posteriormente al análisis, se concluyó que no generaba letalidad ni cambios en la ganancia de peso corporal en los especímenes utilizados ni signos de toxicidad durante el estudio (Pérez *et al*, 2017).

El siguiente estudio fue realizado a *Rhus trilobata* perteneciente a la familia *Anacardiaceae*, se generó un extracto acuoso utilizando los tallos de la planta. Se utilizaron como especímenes ratones BALB hembras a los que se les administro por vía intraperitoneal 200 µL del extracto generado. Posteriormente a la administración, no se observaron cambios en el comportamiento de los ratones (agitación,

somnolencia, fotofobia, ceguera, diarrea, debilidad ni convulsiones), concluido el experimento se determinó que la dosis letal 50 (DL₅₀) para el extracto acuoso fue de 1141 mg/Kg, se generaron cortes histológicos en los cuales se descartaron lesiones histológicas, con estos resultados se concluye que el extracto no tiene toxicidad en un uso exposición aguda durante su administración (Varela *et al*, 2019).

Se generó un estudio a *Tagetes lucida* perteneciente a la familia *Asteraceae* conocida comúnmente como “yauhtli”, “pericón”, “sarnosa”, “flor de Santa María”, y “yerba anís”, se utilizaron las partes aéreas de la planta para la generación del aceite esencial el cual se administró a ratones Swiss Webster hembra a los cuales se les administro una dosis máxima de 2000 mg/Kg por vía intraperitoneal (ip). Concluido el experimento se obtuvo una dosis (DL₅₀) de 316 mg/Kg, esta dosis produjo letalidad en el 50 % de los ratones, con estos resultados se hizo otra administración de 1000 mg/Kg ip, se pudieron observar que los ratones tuvieron actividad ambulatoria reducida, horas después de la administración provoco la muerte al 100 % de los especímenes. El aceite esencial de *Tagetes lucida* se probó para un posible efecto toxicológico y con los resultados obtenidos se observó que tuvo una menor toxicidad que otras plantas de la misma especie (Hernández *et al*, 2020).

El último estudio se generó a la planta *Bixa Orellana* conocida comúnmente como “achiote”, se utilizó un extracto acuoso de las hojas para evaluar la toxicidad aguda en ratas Wistar machos, a los cuales se les administraron 500 mg del polvo perteneciente a la hoja. El extracto acuoso no tuvo efectos tóxicos (Zarza *et al*, 2017).

En dos de los artículos analizados se determinó la toxicidad utilizando el modelo de *Artemia salina* (*A. salina*), el análisis realizado a *Helicteres vegae* (*Sterculiaceae*) y *Heliopsis sinaloensis* (*Asteraceae*) para la determinación de la toxicidad se generó un extracto de metanol de las hojas y tallos para cada espécimen vegetal. Posteriormente al análisis, el extracto obtenido mostró toxicidad mínima obteniendo una dosis letal 50 (DL₅₀ = 807,11 ± 145,6 µg/mL) para *Helicteres vegae* y para *Heliopsis sinaloensis* mostró una alta toxicidad durante el estudio, obteniendo una DL₅₀ = 94,9 ± 1,7 µg/ml. Se concluyó que el extracto fue considerado nulo para el

espécimen de *Helicteres vegae* y alto para *Heliopsis sinaloensis* en el modelo de *A. salina* (Olivas *et al*, 2017)

En cuanto a la planta *Jatropha neopauciflora* perteneciente a la familia *Euphorbiaceae* conocida comúnmente como “sangre de grado”, se generó un extracto metanólico con las partes aéreas, para determinar la toxicidad en el modelo de *A. salina*, una vez concluido el experimento, se obtuvo un $DL_{50} = 321.5 \mu\text{g/mL}$, concluyendo que tuvo una toxicidad mínima (Hernández *et al*, 2017).

MÉTODOS ANALÍTICOS DE CUANTIFICACIÓN

Se utilizaron diferentes métodos para la separación e identificación de los compuestos bioactivos presentes en el material vegetal, las técnicas que predominaron fue la cromatografía de líquidos de alta presión (High Pressure Liquid Chromatography HPLC) y cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (Chromatography Gases-Mass Spectrometry CG-MS). Para generar una evaluación fitoquímica es importante tomar diversos enfoques para dar un aporte detallado y específico de los componentes. Es por eso que se debe tener una técnica de análisis sensible y selectiva que nos permita obtener resultados específicos y confiables.

Los extractos que se obtienen de plantas son mezclas complejas que en ocasiones requieren una preparación específica, además cuentan con distintas clases de compuestos que pueden estar presentes en diferentes cantidades, durante el análisis de los artículos se identificaron metabolitos secundarios principalmente: aceites esenciales, cumarinas, alcaloides, flavonoides, glucósidos, saponinas, etc. La identificación de los componentes principales de cada material vegetal bioactivo, permite tener un panorama completo del beneficio y potencial que tienen las plantas como alternativa terapéutica.

Uno de los objetivos principales que tienen las investigaciones a plantas es la identificación de los componentes bioactivos responsables del efecto terapéutico, es por eso que se proponen metodologías y la implementación de métodos analíticos que nos permitan generarla identificación y caracterización de estos metabolitos. A continuación se muestran las estructuras de los metabolitos identificados en los artículos analizados, a los cuales se les atribuyen distintas actividades terapéuticas.

Tabla 5. Estructura de los metabolitos aislados durante los experimentos realizados a distintas plantas.

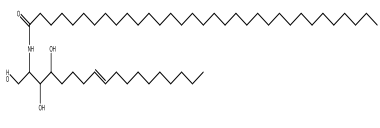
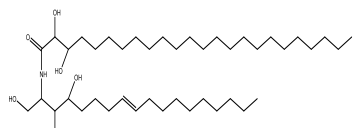
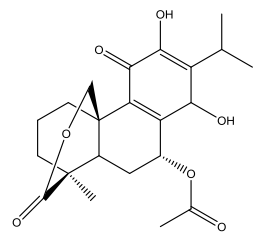
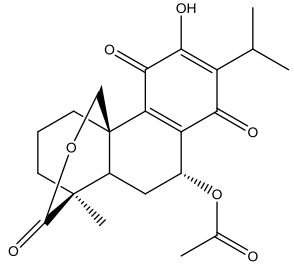
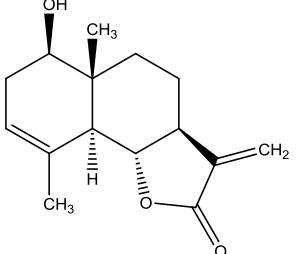
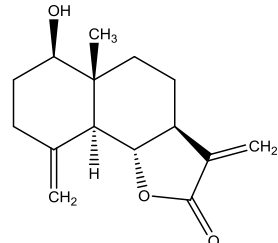
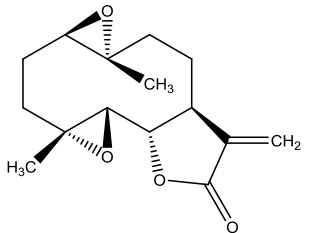
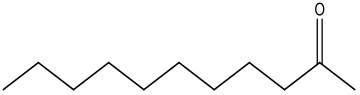
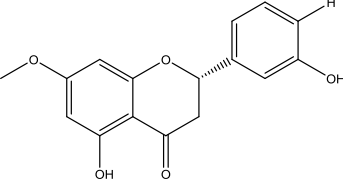
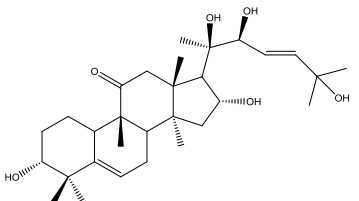
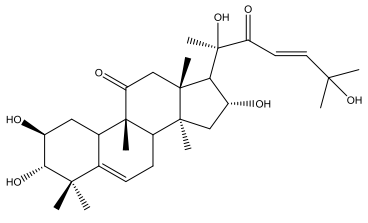
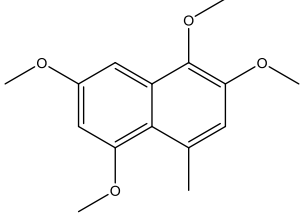
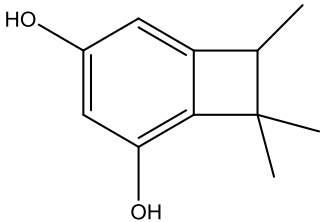
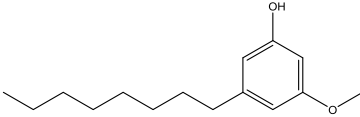
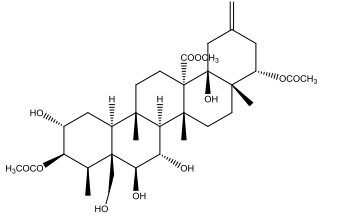
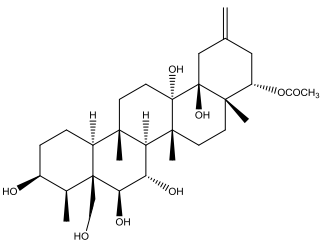
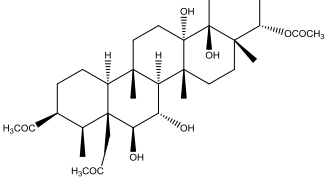
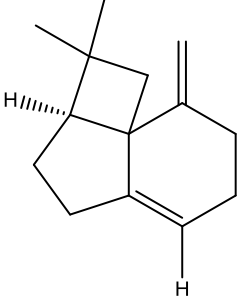

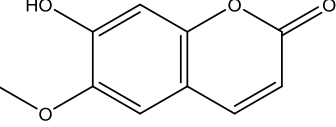
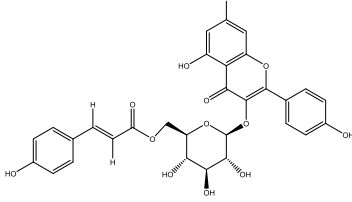
 <p style="text-align: center;">(1)</p>	 <p style="text-align: center;">(2)</p>	 <p style="text-align: center;">(3)</p>
 <p style="text-align: center;">(4)</p>	 <p style="text-align: center;">(5)</p>	 <p style="text-align: center;">(6)</p>
 <p style="text-align: center;">(7)</p>	 <p style="text-align: center;">(8)</p>	 <p style="text-align: center;">(9)</p>
 <p style="text-align: center;">(10)</p>	 <p style="text-align: center;">(11)</p>	 <p style="text-align: center;">(12)</p>

Tabla 5. Continuación.

 <p style="text-align: center;">(13)</p>	 <p style="text-align: center;">(14)</p>	 <p style="text-align: center;">(15)</p>
 <p style="text-align: center;">(16)</p>	 <p style="text-align: center;">(17)</p>	 <p style="text-align: center;">(18)</p>
 <p style="text-align: center;">(19)</p>	 <p style="text-align: center;">(20)</p>	 <p style="text-align: center;">(21)</p>

CONCLUSIÓN

Tras el análisis, podemos deducir que en cuestión de actividad biológica se observó que existe mucho mayor interés en la búsqueda de metabolitos con actividad antimicrobiana, esto debido al aumento de la resistencia bacteriana a los antibióticos y para la generación de una alternativa eficaz y segura de nuevos metabolitos con actividad terapéutica, también se pudo concluir tras la investigación, que pese a que existen bastantes estudios relacionados a las plantas medicinales y su actividad terapéutica, no se sustentan con estudios de toxicidad, lo cual es fundamental para tener un amplio conocimiento de su efectividad y si fuera el caso los efectos nocivos hacia la salud humana.

También observar que en cuanto a métodos de análisis las técnicas que predominaron en los estudios fue el uso de HPLC y GC-MS esto debido a que son métodos versátiles y muy efectivos para la separación de los metabolitos presentes, además de mostrar un panorama mayor sobre los componentes presentes en el material vegetal. Con lo anterior mencionado y con la información recabada se puede visualizar que existe evidencia del potencial terapéutico con el que cuentan las plantas medicinales, pero no se complementan con estudios de seguridad dejando una brecha abierta para fomentar más investigaciones en búsqueda de nuevas alternativas que permitan el desarrollo de nuevas fórmulas para el cuidado de la salud humana.

BIBLIOGRAFÍA

Arraiza Paz, M. (2017). Medicinal and Aromatic Plants. Bentham Science Publishers Ltd. <https://edss.uam.elogim.com/eds/ebookviewer/ebook/ZTAwMHh3d19fMTYzODcwOV9fQU41?sid=caefe22f-523a-4433-b5ef-1d227a947a0d@redis&vid=2&format=EB&rid=1>

Calzada, F., Valdés, M., Merlin, V., Velázquez, C., Barbosa, E., Chávez-Soto, M., Pina Jiménez, E., Ordoñez Razo, R., García Hernández, N. (2020). Phytochemical analysis, antipropulsive and antilymphoma activities of leaves extract of *Annona cherimola* miller. *Pharmacognosy Magazine*, 16(69), 317–320. https://doi.uam.elogim.com/10.4103/pm.pm_462_19

Castañeda Ramírez, G. S., Rodríguez Labastida, M., Ortiz Ocampo, G. I., González Pech, P. G., Ventura Cordero, J., Borges Argáez, R., Torres Acosta, J. F. J., Sandoval Castro, C. A., Mathieu, C. (2018). An in vitro approach to evaluate the nutraceutical value of plant foliage against *Haemonchus contortus*. *Parasitology Research: Founded as Zeitschrift Für Parasitenkunde*, 117(12): 3979–3991. <https://doi.uam.elogim.com/10.1007/s00436-018-6107-0>

Coronado Aceves, E.W., Velázquez, C. Robles Zepeda, R.E., Jiménez Estrada, M., Hernández Martínez, J., Gálvez Ruiz, J. C., Garibay Escobar, A. (2016) Reynosina y santamarina: dos lactonas sesquiterpénicas de *Ambrosia confertiflora* con acción bactericida actividad contra cepas clínicas de *Mycobacterium tuberculosis*. *Biología Farmacéutica*. 54(11): 2623-2628, DOI: 10.3109/13880209.2016.1173067

De Alba Montero, I., Ruiz Torres, C. A., Portales Pérez, D. P., Martínez Gutierrez, F., Echeverría, F., Compeán Jasso, M. E., Cataño Cañizales, Y. G., Ruiz, F. (2020). Atmospheric Corrosion, Antibacterial Properties, and Toxicity of Silver Nanoparticles Synthesized by Two Different Routes. *Bioinorganic Chemistry & Applications*, 1–14. <https://doi.uam.elogim.com/10.1155/2020/8891069>

De Loera Carrera, D. A., Arjona Ruíz, C.S. (2020). Medicina tradicional: Una herencia ancestral y fuente de conocimiento científico. *Facultad de Ciencias Químicas, UASLP*.(252): 24-29. <http://www.uaslp.mx/Comunicacion-Social/Documents/Divulgacion/Revista/Diecisiete/252/252-05.pdf>

De Rodríguez, D. J., García-Hernández, L. C., Rocha-Guzmán, N. E., Moreno-Jiménez, M. R., Rodríguez-García, R., Díaz-Jiménez, M. L. V., Flores-López, M. L., Villarreal-Quintanilla, J. A., Peña-Ramos, F. M., & Carrillo-Lomelí, D. A. (2017). Hypoglycemic and anti-inflammatory effects of *Psacalium paucicapitatum* corms infusions. *Industrial Crops & Products*, 107, 482–488. <https://doi.uam.elogim.com/10.1016/j.indcrop.2017.04.022>

Domínguez, F., Maycotte, P., Acosta Casique, A., Rodríguez Rodríguez, S., Flores Alonso, J. C., Delgado López, M. G., Anaya Ruiz, M., Moreno, D. A., Ferreres, F., Pérez Santos, M. (2018). *Bursera copallifera* Extracts Have Cytotoxic and Migration-Inhibitory Effects in Breast Cancer Cell Lines. *Integrative Cancer Therapies*, 17(3), 654–664. <https://doi.uam.elogim.com/10.1177/1534735418766416>

Elizondo Luevano, J. H., Verde Star, J., González Horta, A., Castro Ríos, R., Hernández García, M. E., Chávez Montes, A. (2020). In Vitro Effect of Methanolic Extract of Argemone mexicana against Trichomonas vaginalis. *The Korean Journal of Parasitology*, 58(2): 135–145. <https://doi.uam.elogim.com/10.3347/kjp.2020.58.2.135>

Etienne, O. K., Dall, A. S., Sinan, K. I., Ferrarese, I., Sut, S., Sadeer, N. B., Mahomoodally, M. F., Ak, G., & Zengin, G. (2021). Chemical characterization, antioxidant and enzyme inhibitory effects of Mitracarpus hirtus extracts. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 194. <https://doi.uam.elogim.com/10.1016/j.jpba.2020.113799>

García Bores, A. M., Álvarez Santos, N., López Villafranco, M. E., Jácquez Ríos, M. P., Aguilar Rodríguez, S., Grego Valencia, D., Espinosa González, A. M., Estrella Parra, E. A., Hernández Delgado, C. T., Serrano Parrales, R., González Valle, M. del R., Benítez Flores, J. del C. (2020). Verbesina crocata: A pharmacognostic study for the treatment of wound healing. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(11), 3113–3124. <https://doi.uam.elogim.com/10.1016/j.sjbs.2020.08.038>

García García, J. D., Anguiano Cabello, J. C., Arredondo Valdés, R., Candido del Toro, C. A., Martínez Hernández, J. L., Segura Ceniceros, E. P., Govea-Salas, M., González Chávez, M. L., Ramos González, R., Esparza González, S. C., Ascacio Valdés, J. A., López Badillo, C. M., Ilyina, A. (2021). Phytochemical Characterization of Phoradendron bollanum and Viscum album subs. austriacum as Mexican Mistletoe Plants with Antimicrobial Activity. *Plants basel*, 10(7): 1299. <https://doi.uam.elogim.com/10.3390/plants10071299>

Gómez Rivera, A., Rodríguez López, V., González Cortázar, M., Herrera Ruíz, M., Zamilpa, A. (2018). Sessein and isosessein with anti-inflammatory, antibacterial and antioxidant activity isolated from Salvia sessei Benth. *Journal of Ethnopharmacology*, 217, 212–219. <https://doi.uam.elogim.com/10.1016/j.jep.2018.02.012>

Hernández Hernández, A. B., Alarcón Aguilar, F. J., Jiménez-Estrada, M., Hernández Portilla, L. B., Flores Ortiz, C. M., Rodríguez Monroy, M. A., Canales Martínez, M. (2017). Biological Properties and Chemical Composition of Jatropha Neopauciflora Pax. *African Journal of Traditional, Complementary, and Alternative Medicines : AJTCAM*, 14(1): 32–42. <https://doi.uam.elogim.com/10.21010/ajtcam.v14i1.4505>

Hernández León, A., Eva González Trujano, M., Narváez González, F., Pérez Ortega, G., Rivero Cruz, F., Isabel Aguilar, M. (2020). Role of beta-Caryophyllene in the Antinociceptive and Anti-Inflammatory Effects of Tagetes lucida Cav. Essential Oil. *Molecules*, 25(3): 675. <https://doi.uam.elogim.com/10.3390/molecules25030675>

Jasso de Rodríguez, D., Carrillo Lomelí, D. A., Rocha Guzmán, N. E., Moreno Jiménez, M. R., Rodríguez García, R., Díaz Jiménez, M. L. V., Flores López, M. L., & Villarreal Quintanilla, J. A. (2017). Antioxidant, anti-inflammatory and apoptotic effects of Flourensia microphylla on HT-29 colon cancer cells. *Industrial Crops & Products*, 107, 472–481. <https://doi.uam.elogim.com/10.1016/j.indcrop.2017.03.034>

Knauth, P., López, Z., Acevedo Hernández, G. J., Cano, M. E., Gutiérrez Lomelí, M. (2018). In Vitro Bioactivity of Methanolic Extracts from Amphipterygium adstringens (Schlttdl.) Schiede ex Standl., Chenopodium ambrosioides L., Cirsium mexicanum DC., Eryngium carlinae F. Delaroché, and Pithecellobium dulce (Roxb.) Benth. Used in Traditional Medicine

in Mexico. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2018. <https://doi.uam.elogim.com/10.1155/2018/3610364>

Lagunas Herrera, H., Tortoriello, J., Herrera Ruiz, M., Martínez Henández, G. B., Zamilpa, A., Santamaría, L. A., Lombardo Earl, G., Jiménez Ferrer, E., Lorenzana, M. G. (2019). Acute and chronic antihypertensive effect of fractions, tiliroside and scopoletin from malva parviflora. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 42(1), 18–25. <https://doi.uam.elogim.com/10.1248/bpb.b18-00355>

Madrid de Zito, F. L. (2011) Farmacopea Herbolaria y terapia ritual: Una contribución para el estudio de la medicina tradicional de la yunga boliviana. *Scripta Ethnologica*, 33,71-96. <https://www.redalyc.org/pdf/148/14820902006.pdf>

Martínez Elizalde, K. S., Rodríguez Monroy, M. A., Flores, C. M., Hernández Portilla, L. B., Barbosa Cabrera, E., Canales Martínez, M. M. (2018). Comparison of Biological Properties of Two Medicinal Extracts of the Tehuacan-Cuicatlan Valley. *Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine (ECAM)*, 1–9. <https://doi.uam.elogim.com/10.1155/2018/4918090>

Newman, D.J., Cragg, G.M. (2020). Natural Products as Sources of New Drugs over the Nearly Four Decades from 01/1981 to 09/2019. *Journal of Natural Products*. 83(3), 770-803. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.9b01285>

Nocedo Mena, D., Arrasate, S., Garza Gonzalez, E., Rivas Galindo, V.M., Romo Mancillas, A., Munteanu, R.C., Sotomayor, N., Lete, E., Barbolla, I., Martín, C.A., Camacho Corona, M.R. (2021). Molecular docking, SAR analysis and biophysical approaches in the study of the antibacterial activity of ceramides isolated from *Cissus incisa*. *Bioorganic Chemistry*, 109, 104745. <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2021.104745>

Olivas Quintero, S., López Angulo, G., Montes Avila, J., Díaz Camacho, S. P., Vega Aviña, R., López Valenzuela, J. Á., Salazar Salas, N. Y., Delgado Vargas, F. (2017). Chemical composition and biological activities of *Helicteres vegae* and *Heliopsis sinaloensis*. *Pharmaceutical Biology*, 55(1), 1473–1482. <https://doi.uam.elogim.com/10.1080/13880209.2017.1306712>

Olmedo Juárez, A., Zarza Albarran, M. A., Rojo Rubio, R., Zamilpa, A., González Cortazar, M., Mondragón Ancelmo, J., Rivero Pérez, N., & Mendoza de Gives, P. (2020). Acacia farnesiana pods (plant: Fabaceae) possesses anti-parasitic compounds against *Haemonchus contortus* in female lambs. *Experimental Parasitology*, 218. <https://doi.uam.elogim.com/10.1016/j.exppara.2020.107980>

Pereira, D.A.M. (2013). Medicinal Plants: Antioxidant Properties, Traditional Uses and Conservation Strategies. *Nova Science Publishers*, Inc. <https://edss.uam.elogim.com/eds/ebookviewer/ebook/ZTAwMHh3d19fNjY0MDUxX19BTg2?sid=caefe22f-523a-4433-b5ef-1d227a947a0d@redis&vid=6&format=EB&rid=1>

Pérez González, M. Z., Gutiérrez Rebolledo, G. A., Yopez Mulia, L., Rojas Tome, I. S., Luna Herrera, J., Jiménez Arellanes, M. A. (2017). Antiprotozoal, antimycobacterial, and anti-inflammatory evaluation of *Cnidocolus chayamansa* (Mc Vaugh) extract and the isolated compounds. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 89, 89–97. <https://doi.uam.elogim.com/10.1016/j.biopha.2017.02.021>

Ramírez, G., Zamilpa, A., Zavala, M., Pérez, J., Morales, D., & Tortoriello, J. (2016). Chrysoeriol and other polyphenols from *Tecoma stans* with lipase inhibitory activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 185, 1–8. <https://doi.uam.elogim.com/10.1016/j.jep.2016.03.014>

Reyes Becerril, M., Ginera, P., Silva Jara, J., Macías, A., Velázquez Carriles, C., Alcaraz Meléndez, L., Angulo, C. (2020). Assessment of chemical, biological and immunological properties of “Damiana de California” *Turnera diffusa* Willd extracts in Longfin yellowtail (*Seriola rivoliana*) leukocytes. *Fish and Shellfish Immunology*, 100, 418–426. <https://doi.uam.elogim.com/10.1016/j.fsi.2020.03.045>

Ríos, M. Y., Domínguez, B., Rosa, V. D. L., Ortega, A., Déciga, M. (2020). Glucacetalin E and galphimidin B from *Galphimia glauca* and their anxiolytic activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 259. <https://doi.uam.elogim.com/10.1016/j.jep.2020.112939>

Rivas Morales, C., Rivas Galindo, V.M., Rodríguez Rodríguez, J., Galondo Rodríguez, S.A., Leos Rivas, C., Garcia Hernández, D.G. (2018). Bactericidal Activity, Isolation and Identification of Most Active Compound from 20 Plants used in Traditional Mexican Medicine Against Multidrug-Resistant Bacteria. *International Journal of Pharmacology*, 2 (14):203-214. DOI: 10.3923/ijp.2018.203.214

Rodríguez García, C. M., Ruiz-Ruiz, J. C., Peraza Echeverría, L., Peraza Sánchez, S. R., Torres Tapia, L. W., Pérez Brito, D., Tapia Tussell, R., Herrera Chalé, F. G., Segura Campos, M. R., Quijano Ramayo, A., Ramón Sierra, J. M., Ortiz Vázquez, E. (2019). Antioxidant, antihypertensive, anti-hyperglycemic, and antimicrobial activity of aqueous extracts from twelve native plants of the Yucatan coast. *PLoS ONE*, 14(3): 1–17. <https://doi.uam.elogim.com/10.1371/journal.pone.0213493>

Salazar Pineda, D.T., Castro Alarcón, N., Moreno Godínez, M.E., Nicasio Torres, M.P., Pérez Hernández, J., Álvarez Fitz, P. (2017). Actividad Antibacteriana y Antiinflamatoria de Extractos y Fracciones de *Agave cupreata*. *Revista Internacional de Farmacología*, 13(8): 1063-1070. DOI: 10.3923/ijp.2017.1063.107

Sánchez Valdeolivar, C. A., Álvarez Fitz, P., Zacapala Gómez, A. E., Acevedo Quiroz, M., Cayetano Salazar, L., Olea Flores, M., Castillo Reyes, J. U., Navarro Tito, N., Ortuño Pineda, C., Leyva Vázquez, M. A., Ortiz Ortiz, J., Castro Coronel, Y., Mendoza Catalán, M. A. (2020). Phytochemical profile and antiproliferative effect of *Ficus crocata* extracts on triple-negative breast cancer cells. *BMC Complementary Medicine & Therapies*, 20(1): 1–15. <https://doi.uam.elogim.com/10.1186/s12906-020-02993-6>

Silva Jara, J., Angulo, C., Macías, M. E., Velázquez, C., Guluarte, C., Reyes Becerril, M. (2020). First screening report of immune and protective effect of non-toxic *Jatropha vernicosa* stem bark against *Vibrio parahaemolyticus* in Longfin yellowtail *Seriola rivoliana* leukocytes. *Fish and Shellfish Immunology*, 101, 106–114. <https://doi.uam.elogim.com/10.1016/j.fsi.2020.03.048>

Torres Moreno, H., Ianni, F., Robles Zepeda, R. E., López Romero, J. C., Vidal Gutiérrez, M., Jocobi Durán, M. D., Galarini, R., Camaioni, E., Sardella, R., Marcotullio, M. C. (2020). Quantitative analysis of cucurbitane-type triterpenes in *Ibervillea sonorae* extracts: Relationship study with their antiproliferative activity. *Steroids*, 161. <https://doi.uam.elogim.com/10.1016/j.steroids.2020.108676>

Trasviña Moreno, A. G., Ascencio, F., Angulo, C., Hutson, K. S., Avilés Quevedo, A., Inohuye Rivera, R. B., Pérez Urbiola, J. C. (2019). Plant extracts as a natural treatment against the fish ectoparasite *Neobenedenia* sp. (Monogenea: Capsalidae). *Journal of Helminthology*, 93(1), 57–65. <https://doi.uam.elogim.com/10.1017/S0022149X17001122>

Turner, G. (2007). El Códice de la Cruz-Badiano y su extensa familia herbaria. *Biblat* (68): 109-122. https://www.estudioshistoricos.inah.gob.mx/revistaHistorias/wp-content/uploads/historias_68_109-122.pdf

Valdés, E., González, C., Díaz, K., Vásquez-Martínez, Y., Mascayano, C., Torrent, C., Cabezas, F., Mejías, S., Montoya, M., Cortez-San Martín, M., Muñoz, MA, Joseph-Nathan, P., Osorio, M., Taborga, L. (2020). Propiedades biológicas y configuración absoluta de flavanonas de *Calceolaria thyrsoflora* Graham. *Fronteras en farmacología*, 11, 1125. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.01125>

Valenzuela Atondo, D. A., Delgado Vargas, F., López Angulo, G., Calderón Vázquez, C. L., Orozco Cárdenas, M. L., Cruz Mendivil, A. (2020). Antioxidant activity of in vitro plantlets and callus cultures of *Randia echinocarpa*, a medicinal plant from northwestern Mexico. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 56(4): 440–446. <https://doi.uam.elogim.com/10.1007/s11627-020-10062-3>

Valenzuela Cota, D. F., Morales Amparano, M. B., Plascencia Jatomea, M., Martínez Cruz, O., Hernández García, F., Vázquez Moreno, L., Rosas Burgos, E. C., Huerta Ocampo, J. Á. (2020). Proteomic analysis of the inhibitory effect of the butanolic fraction of *Jacquinia macrocarpa* on *Fusarium verticillioides*. *Canadian Journal of Microbiology*, 66(10): 535–548. <https://doi.uam.elogim.com/10.1139/cjm-2020-0127>

Varela Rodríguez, L., Sánchez Ramírez, B., Rodríguez Reyna, I. S., Ordaz Ortiz, J. J., Chávez Flores, D., Salas Muñoz, E., Osorio Trujillo, J. C., Ramos Martínez, E., & Talamás Rohana, P. (2019). Biological and toxicological evaluation of *Rhus trilobata* Nutt. (Anacardiaceae) used traditionally in México against cancer. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 19(1). <https://doi.uam.elogim.com/10.1186/s12906-019-2566-9>

Vega Ruiz, Y. C., Hayano Kanashiro, C., Gámez Meza, N., Medina Juárez, L. A. (2021). Determination of Chemical Constituents and Antioxidant Activities of Leaves and Stems from *Jatropha cinerea* (Ortega) Müll. Arg and *Jatropha cordata* (Ortega) Müll. Arg. *Plants (Basel, Switzerland)*, 10(2). <https://doi.uam.elogim.com/10.3390/plants10020212>

Vergara Barragán, E., Bach, H., Meza Reyes, S., Montiel Smith, S., Sánchez Arreola, E., Hernández, L. R. (2019). Bioactivities of Flavonoids from *Lopezia racemosa*. *BioMed Research International*. 1(10). <https://doi.uam.elogim.com/10.1155/2019/3286489>

Vergara Castañeda, H., Granados Segura, L.O., Luna Bárcenas, G., Julian McClements, D., Herrera Hernández, M.G., Arjona, N., Hernández Martínez, A.R., Estevez, M., Pool, H. (2019). Gold nanoparticles bioreduced by natural extracts of *arantho* (*Kalanchoe daigremontiana*) for biological purposes: physicochemical, antioxidant and antiproliferative evaluations. *Materials Research Express*, 6(5), 1. <https://doi.uam.elogim.com/10.1088/2053-1591/ab0155>

Vila Luna, S. E., Torres Tapia, L. W., Pedraza Sánchez, S. R., Moo-Puc, R. E. (2017). New metabolites with cytotoxic and antiproliferative activities isolated from *Bonellia macrocarpa*. *Phytochemistry Letters*, 19, 121–125. <https://doi.uam.elogim.com/10.1016/j.phytol.2016.12.016>

Villa Ruano, N., Pacheco Hernández, Y., Zárate Reyes, J. A., Cruz Durán, R., Lozoya Gloria, E. (2018). Volatile Composition and Biological Activities of the Leaf Essential Oil from *Zanthoxylum limoncello* Grown in Oaxaca, México. *Chemistry & Biodiversity*, 16(2). <https://doi.uam.elogim.com/10.1002/cbdv.201800498>

Zarza García, A. L., Sauri Duch, E., Raddatz Mota, D., Cuevas Glory, L. F., Pinzón López, L. L., Rivera Cabrera, F., Mendoza Espinoza, J. A. (2017). Pharmacological, phytochemical and morphological study of three Mayan accessions of *Bixa orellana* L. leaves. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 29(3): 163–169. <https://doi.uam.elogim.com/10.9755/eifa.2016-09-1283>

Vo.Bo.

Dr. Fernando Rodríguez Ramos.

Nombre y firma de asesor interno

Cargo: Asociado Nivel D

No. Económico: 35133

Vo.Bo.

Dra. María Salud Pérez Gutiérrez.

Nombre y firma de asesor externo

Cargo: Titular C

No. Económico: 2212