



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**EFFECTO ANTIMICROBIANO DE CUATRO PLANTAS  
MEDICINALES DE TONATICO, ESTADO DE  
MÉXICO.**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

MIGUEL ÁNGEL RIVERA RESÉNDIZ



DIRECTORA DE TESIS:

DRA. ANA MARÍA GARCÍA BORES

LOS REYES IZTACALA, TLALNEPANTLA, EDO.  
DE MÉXICO 2022.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**“Aquellos que no son capaces de reconocerse a sí mismos están destinados a fallar”.**

**Itachi Uchiha personaje de Masashi Kishimoto autor de Naruto.**

### **Agradecimientos**

El presente estudio fue financiado por el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), proyecto:

DGAPA PAPIIT IN220920

“Estudio farmacognóstico de algunas plantas empleadas para tratar padecimientos cutáneos en Tonatico, Estado de México”.

### **Dedicatorias**

Antes de empezar estas dedicatorias me gustaría dejar como antecedente en este documento que a finales de 2019 y principios de 2020 comenzó una pandemia que nos afectó a todos. Algunos familiares y amigos desafortunadamente ya no se encuentran con nosotros. Pese a todo este infortunio, quisiera agradecer a Dios por darnos una oportunidad de estar aquí.

A mis padres Placi Reséndiz y Miguel Rivera por todo su cariño, apoyo y enseñanzas. Enseñanzas que me han ayudado a lo largo de todo este tiempo.

A mi hermana Diana que comenzara una nueva etapa académica en la Universidad.

A mis queridos amigos Pedro, Max, Brandon, Aranza, Luis y Víctor ya que la Universidad no hubiera sido lo mismo sin ustedes.

A mis estimados compañeros y amigos de laboratorio Rebeca e Isaac, los últimos años de la Universidad no hubieran sido lo mismo sin ustedes.

A mi tutora, la Doctora Anita. Por su amistad, paciencia y confianza. Por aceptarme en un proyecto de investigación y guiarme desde el inicio hasta su conclusión.

Al personal docente e investigación del Laboratorio de Fitoquímica de la UBIPRO.

A mi querida y estimada Denisse Vega a quien conozco desde nuestros años en Prepa 9 y con quien compartí el laboratorio de biología entre bromas y risas.

## Índice

1. Introducción.....	1
1.1 La piel como órgano protector.....	1
1.2 Microorganismos patógenos .....	1
1.2.1 Procariontes: Bacterias.....	1
1.2.2 Género <i>Staphylococcus</i> .....	2
1.2.3 Eucariontes: Hongos .....	3
1.2.4 Dermatofitos: <i>Trichophyton mentagrophytes</i> .....	4
1.2.5 Efectos de los microorganismos en la piel .....	4
1.2.6 Infecciones microbianas en México .....	4
1.3 Fármacos: antimicrobianos.....	4
1.3.1 Problema de los antimicrobianos .....	5
1.4 Plantas medicinales en México.....	6
1.4.1 Metabolitos secundarios de plantas medicinales .....	6
1.4.2 Tipos de metabolitos secundarios .....	6
1.5 Recurso vegetal .....	7
1.6 <i>Acacia farnesiana</i> (L.) Wild.....	7
1.6.1 Características .....	7
1.6.2 Antecedentes fitoquímicos de <i>A. farnesiana</i> .....	7
1.7 <i>Allium cepa</i> L.....	8
1.7.1 Características .....	8
1.7.2 Antecedentes fitoquímicos de <i>A. cepa</i> .....	8
1.8 <i>Asclepias glaucescens</i> Kunth.....	10
1.8.1 Características .....	10
1.8.2 Antecedentes fitoquímicos de <i>A. glaucescens</i> .....	11
1.9 <i>Tournefortia hirsutissima</i> L. ....	12
1.9.1 Características .....	12
1.9.2 Antecedentes fitoquímicos de <i>T. hirsutissima</i> .....	12
2. Justificación .....	14
3. Pregunta científica .....	14
4. Hipótesis .....	14
5. Objetivos .....	15
Objetivo general.....	15
Objetivos particulares .....	15

6. Metodología.....	15
6.1 Colecta del material vegetal .....	15
6.2 Obtención de los extractos .....	16
6.3 Pruebas coloridas .....	16
6.4 Actividad antimicrobiana .....	17
6.5 Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y Concentración Mínima Bactericida (CMB).....	17
6.6 Actividad antifúngica.....	18
6.7 Actividad antioxidante .....	18
7. Resultados y discusión .....	18
8. Conclusiones.....	28
9. Bibliografía.....	28

## Resumen

Las plantas son fábricas vivientes para la biosíntesis de una enorme variedad de productos químicos que comúnmente llamamos metabolitos secundarios, siendo estos los compuestos que utilizan para su supervivencia frente a diversos factores de estrés gracias a sus funciones ecológicas, estructurales y defensivas.

Es debido a su gran variedad de funciones y actividades biológicas que van desde los antimicrobianos, antioxidantes, antiinflamatorios, fotoprotectores e insecticidas que los metabolitos secundarios han llamado el interés de la industria farmacéutica en la investigación y elaboración de fármacos, que puedan ser una nueva alternativa terapéutica frente a los fármacos convencionales cuyo efecto puede no ser el ideal ante las enfermedades e infecciones emergentes.

Actualmente, algunos trabajos etnobotánicos realizados en el municipio de Tonatico, Estado de México, han recopilado información sobre el uso de plantas medicinales para tratar afecciones dermatológicas. Entre estas especies de interés se encuentran (*Acacia farnesiana*, *Allium cepa*, *Asclepias glaucescens* y *Tournefortia hirsutissima*). Por lo que el objetivo de este proyecto fue conocer la actividad antimicrobiana de estas cuatro especies vegetales en tres cepas microbianas de importancia médica.

Las cuatro especies vegetales se recolectaron en Tonatico, Estado de México. Posteriormente, fueron secadas y trituradas para ser maceradas con tres solventes de menor a mayor polaridad (hexano, acetona y metanol). Una vez macerados los extractos se filtraron y se destilaron a presión reducida con ayuda de un rotavapor. Para la caracterización química de los extractos, se hicieron las pruebas coloridas mediante el uso de diferentes reactivos (cloruro férrico para fenoles, Dragendorff y Mayer para alcaloides, Molish para glucósidos). La actividad antimicrobiana se evaluó usando dos cepas bacterianas de interés médico -*Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis*- y una cepa de un hongo dermatofito -*Trichophyton mentagrophytes*-.

De acuerdo con los resultados, las cuatro especies vegetales tienen fenoles, alcaloides glucósidos y saponinas. *T. hirsutissima* fue la única especie sin actividad antimicrobiana, mientras que las demás especies la presentaron frente a *S. aureus*. *A. cepa* fue la planta más activa. Las cuatro especies vegetales mostraron tener diferentes actividades biológicas.

# 1. Introducción

## 1.1 La piel como órgano protector

La piel es el órgano más grande del cuerpo, es de vital importancia ya que actúa como una barrera física que delimita el medio interno de los seres vivos del medio externo (Dorado & Fraile, 2021). Su estructura es compleja, está formada por capas, siendo la primera de ellas derivada del ectodermo formada por células epiteliales, llamada epidermis y una capa de origen mesodérmico más gruesa e interna denominada dermis. La epidermis es una capa delgada de epitelio estratificado, tiene un grosor de 0.1 mm y da lugar a estructuras derivadas como el pelo y uñas, está conectada a la dermis que es más gruesa de aproximadamente 0.6 mm de grosor y de tejido conjuntivo formada por otras células como los macrófagos, mastocitos y linfocitos que constituyen la primera línea de defensa cuando la piel sufre alguna lesión (Hickman *et al.*, 2009).

Cuando ocurre una infección algunas sustancias llamadas péptidos antimicrobianos (AMPs) -como las defensinas y catelicidinas- son producidas por células dendríticas o macrófagos y los lípidos tales como esfingomiélin y glucosiceramidas actúan como barrera alterando las membranas bacterianas. Mientras que las células de Langerhans pueden viajar hacia la periferia para procesar y presentar antígenos activando así el resto del sistema inmune (Krutmann & Merk, 2018).

## 1.2 Microorganismos patógenos

Una de las principales amenazas biológicas a las que está expuesta la piel son las infecciones por microorganismos, los cuales podemos dividir en procariontes (bacterias), eucariontes (hongos y parásitos animales) y virus (Flores *et al.*, 2021).

### 1.2.1 Procariontes: Bacterias

Las bacterias son uno de los dominios de los procariontes. Constituyen un grupo importante de microorganismos que pueden agruparse considerando su morfología, en las que encontramos cuatro grupos: 1) los cocos, de forma esférica, 2) bacilos, en forma de pequeños bastones, 3) espirilos, en forma de espiral y 4) vibrios, ligeramente curvados y de gran movilidad (Stearns *et al.*, 2019). Estos a su vez pueden agruparse formando otros grupos: 1) los cocos pueden agruparse y formar cadenas conocidas como estreptococos, diplococos en pares, estafilococos en racimos y las tétradas, 2) los bacilos se agrupan en diplobacilos, en pares, estreptobacilos, en cadenas (Romero Cabello *et al.*, 2018).

Otro criterio de diferenciación es observando al microscopio el color que adquiere la pared celular en la técnica de tinción de Gram. La pared celular es una estructura formada por unidades alternadas de glucanos N-acetilglucosamina (NAG) y ácido N-acetilmurámico (NAM), estos están unidos por puentes peptídicos, de ahí que a esta estructura se le conozca con el nombre de peptidoglucano, sello distintivo de las bacterias (Stearns *et al.*,2019). Esta se encarga de proteger a la célula de diferentes factores físicos y químicos (Ryan & Ray, 2017). Las bacterias se pueden dividir en dos grandes grupos dependiendo de la estructura de su pared celular. Aquellas que adquieren un color violeta conocidas como grampositivas y las gramnegativas que toman una coloración rosada (Stearns *et al.*, 2019). La diferencia radica en los componentes de la pared celular. Las grampositivas se caracterizan por el ya antes mencionado peptidoglucano como elemento principal, y el ácido teicoico, molécula formada por glicerol o ribitol que atraviesa de manera perpendicular las capas del peptidoglucano (Ryan & Ray, 2017). Las gramnegativas también tienen peptidoglucano, aunque en menor cantidad y una membrana adicional única en este grupo llamada membrana externa. La parte interna de esta membrana contiene proteínas que se adhieren al peptidoglucano y la cara externa está conformada por lipopolisacáridos (LPS) de tres tipos. El lípido A, formado por cadenas de ácidos grasos unidas a un par de moléculas de glucosamina, en lugar de glicerol, y que actúa como endotoxina activando al sistema inmune y causando muchos síntomas típicos de infecciones por gramnegativas. Un núcleo formado por una cadena de cinco azúcares unida a una molécula de glucosamina en el lípido A. Y el antígeno O formado por distintos azúcares que varían entre diferentes bacterias (Stearns *et al.*, 2019).

### 1.2.2 Género *Staphylococcus*

Las bacterias que conforman el género *Staphylococcus* se caracterizan por ser cocos grampositivos que tienden a agruparse en racimos, carecen de flagelos y no forman esporas (Ryan & Ray, 2017). Son catalasa positivos, característica que se usa para diferenciarlos de los géneros *Streptococcus* y *Enterococcus* (Cervantes-García *et al.*, 2014). La catalasa es una enzima que producen las bacterias del género *Staphylococcus*, esta rompe el peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno, por lo que es usada como prueba bioquímica para su identificación (Stearns *et al.*, 2019). Son microorganismos que pueden estar presentes en la mucosa y piel de los humanos, así como de otros mamíferos y aves, incluye cerca de 40 especies y 25 subespecies entre ellas varias especies de importancia médica entre las que destacan *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis* (Romero Cabello *et al.*, 2018).



*S. aureus* es considerada la bacteria más importante del género. Esto se debe a que es la única especie del género que produce coagulasa, enzima que reacciona con la protrombina en la sangre permitiendo la conversión del fibrinógeno en fibrina formando un coagulo e incrementando su virulencia (Romero Cabello *et al.*, 2018). Esta especie también se caracteriza por producción de diferentes toxinas citolíticas ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$ ,  $\gamma$ ). La toxina  $\alpha$  de acción hemolítica, sobre eritrocitos es la más importante; toxina  $\beta$  actúa sobre la esfingomielina de los eritrocitos catalizando su destrucción; hemolisina  $\delta$  actúa en linfocitos, plaquetas y neutrófilos; toxina  $\gamma$  de acción lítica en eritrocitos (Romero Cabello *et al.*, 2018). También destaca su resistencia a los antibióticos betalactámicos como la penicilina o meticilina conferida por el gen *mecA* que codifica a la proteína de unión a la penicilina PBP2a (Cervantes-García *et al.*, 2014).

*S. epidermidis*, se caracteriza por ser un comensal normal de la piel de los humanos (Brown & Horswill, 2020). Esta especie produce toxinas conocidas como modulinas solubles en fenol (PSMs) y se clasifican en tres grupos (PSM $\alpha$ , PSM $\beta$ , y PSM $\gamma$ ). Las PSMs tienen actividad proinflamatoria, también se sabe que la PSM $\beta$  está relacionada en la formación de biofilms. Anteriormente *S. epidermidis* no era considerada como un organismo de importancia médica, sin embargo, esto ha cambiado en los últimos años considerándola como un agente etiológico común de las infecciones hospitalarias en el mundo (Cabrera-Contreras *et al.*, 2013). Esto se debe principalmente a su capacidad para formar biopelículas lo que le permite adherirse y contaminar equipo médico como catéteres o dispositivos protésicos (Ryan & Ray, 2017). Las biopelículas están formadas por material extracelular principalmente de polisacáridos (Stearns *et al.*, 2019). Estos polisacáridos facilitan la fijación al plástico de los dispositivos médicos y conforme la comunidad bacteriana vaya creciendo proporcionara mayor adhesión a las superficies, así como protección contra el sistema inmune del hospedador y los fármacos antimicrobianos siendo un factor de virulencia (Ryan & Ray, 2017).

### 1.2.3 Eucariontes: Hongos

Los hongos a diferencia de las bacterias son organismos eucariontes. Estos también tienen una pared celular rígida muy diferente a la de las bacterias, formada por polisacáridos de tres tipos: 1) manano, forma uniones con proteínas de la pared celular 2) glucano, forman fibrillas le confiere fuerza y rigidez a la pared celular 3) quitina, el principal componente de la pared celular de los hongos, compuesta por cadenas de poli-N-acetilglucosamina (Ryan & Ray, 2017). En los hongos microscópicos la hifa es la unidad anatómica formada por filamentos, pueden ser septadas (forman tabiques) o aseptadas (no forman tabiques). Un grupo de hifas forman el micelio del hongo (Romero Cabello *et al.*, 2018).

#### 1.2.4 Dermatofitos: *Trichophyton mentagrophytes*

Aquellos hongos patógenos que se encuentran en las capas externas de la piel son conocidos como dermatofitos (Ryan & Ray, 2017). Son queratinofílicos, es decir requieren de queratina y se integran en tres géneros *Trichophyton*, *Microsporum* y *Epidermophyton* (Romero Cabello *et al.*, 2018). Estos se pueden diferenciar en la morfología de sus macroconidios y la presencia de microconidios, los tres presentan hifas septadas (Ryan & Ray, 2017). Dentro de este grupo, *Trichophyton mentagrophytes* destaca por su complejidad, en la que encontramos cinco variedades (*T. mentagrophytes*, *T. mentagrophytes* var. *interdigitale*, *T. mentagrophytes* var. *erinacei*, *T. mentagrophytes* var. *quinckeanum* y *T. mentagrophytes* var. *benhamie*) todas ellas similares morfológicamente, pero diferentes en cuanto a la susceptibilidad a antifúngicos (Frías-De-León *et al.*, 2020).

Estos hongos causan un tipo de micosis conocidas como tiñas y estas se pueden clasificar de acuerdo con su localización, recibiendo así sus diferentes nombres como tiña de cabeza, pies, uñas, cuerpo y manos (Romero Cabello *et al.*, 2018).

#### 1.2.5 Efectos de los microorganismos en la piel

A pesar de ser una excelente barrera física, la piel no es inmune a las lesiones o heridas que puedan permitir el paso de patógenos (Romero Cabello *et al.*, 2018). Además, la piel es el medio natural de una abundante microbiota, como es el caso de *S. aureus* y *S. epidermidis* (Castañeda-Méndez *et al.*, 2018; Ryan & Ray, 2017). El problema surge cuando hay un desbalance entre las defensas de la piel y la virulencia o patogenicidad de los microorganismos que la afectan (Flores *et al.*, 2021).

#### 1.2.6 Infecciones microbianas en México

En México durante 2015 se reportaron 61, 969 infecciones asociadas a la salud (IAAS) de las cuales 15, 211 corresponden a infecciones de piel y tejidos blandos ocuparon el cuarto lugar (Salgado, 2018). Mientras que en el 2006 el IMSS reportó que las dermatofitosis son más comunes en adultos registrando un total de 507, 879 consultas en medicina familiar (Secretaría de Salud, 2009). Un estudio realizado por el IMSS en el año 2013 identifica a *Escherichia coli*, *Staphylococcus* coagulasa-negativos y a *Pseudomonas aeruginosa* como los principales organismos aislados en las infecciones nosocomiales de las unidades médicas del Instituto Mexicano del Seguro Social (Arias *et al.*, 2016)

### 1.3 Fármacos: antimicrobianos

Para evitar que un patógeno dañe los tejidos y pueda generar problemas de salud a futuro e incluso lleven a la muerte es necesario que un médico administre

antimicrobianos (Stearns *et al.*, 2019). Los antibióticos son un tipo de antimicrobianos que actúan sobre las bacterias matándolas o inhibiendo su crecimiento. Lo mismo sucede con aquellas sustancias denominadas antifúngicas que actúan de igual manera eliminando o evitando la proliferación de un hongo patógeno (Romero Cabello *et al.*, 2018).

Los antimicrobianos se pueden dividir en dos grupos. Aquellos de origen biológico llamados antibióticos como el caso de la penicilina aislada del hongo *Penicillium notatum* y descubierta por Alexander Fleming en 1928 para tratar infecciones bacterianas (Romero Cabello *et al.*, 2018). O de origen sintético llamados quimioterápicos, estos son producidos en laboratorios por ejemplo las sulfonamidas (Mondal & Malakar, 2020). Los antibióticos actúan en dianas muy específicas por ejemplo interviniendo en la biosíntesis de peptidoglucano, evitando su formación de la pared celular perdiendo rigidez y causando la muerte (Stearns *et al.*, 2019). Mientras que otros pueden actuar en la membrana plasmática, inhibiendo la síntesis de proteínas, ácidos nucleicos y en rutas metabólicas (Romero Cabello *et al.*, 2018).

En el pasado existía una alta tasa de morbilidad y mortalidad en individuos de todas las edades que presentaban infecciones bacterianas y al no existir un tratamiento eficaz aunado a las condiciones higiénicas de la época estos terminaban falleciendo (Stearns *et al.*, 2019). Actualmente, la mayoría de los centros médicos como hospitales y veterinarias aplican antibióticos en su día a día (Ruiz *et al.*, 2021). Sin embargo, la resistencia a los antimicrobianos es una problemática mundial (Peinado Rodríguez, 2021).

### 1.3.1 Problema de los antimicrobianos

Desde su descubrimiento por Alexander Fleming en 1928 y su uso en masa en 1940 gracias a los trabajos clínicos de Chain y Florey, la penicilina fue el antibiótico que marcó un antes y un después en la historia salvando la vida de muchos soldados durante la segunda guerra mundial (Stearns *et al.*, 2019). No paso mucho tiempo desde que la penicilina comenzó a usarse y comercializarse a gran escala cuando se detectaron las primeras cepas de *Staphylococcus* resistentes a este antibiótico en los años 60. Esta resistencia a los antimicrobianos se debe principalmente al abuso e inadecuado uso en la medicina humana, veterinaria, agricultura y acuicultura (Yu *et al.*, 2021). En 2014 la Organización Mundial de la Salud declaró a la resistencia a los antimicrobianos como una de las tres mayores amenazas para la salud pública mundial (Peinado Rodríguez, 2021).

## 1.4 Plantas medicinales en México

Las plantas medicinales son aquellas especies cuyo valor radica en su uso médico para el mejoramiento de la calidad de vida de la población. Estas pueden representar un recurso importante de atención sanitaria en muchas zonas rurales (García *et al.*, 2020). Esto se debe a la riqueza cultural que hay en el país y al conocimiento tradicional que se tienen sobre el uso de los recursos naturales por diferentes pueblos (Biodiversidad, 2018). Conocimiento de gran valor que puede estar en riesgo de pérdida en gran parte por el rápido desarrollo urbano y la falta de interés en las nuevas generaciones (Orozco *et al.*, 2020).

### 1.4.1 Metabolitos secundarios de plantas medicinales

Las propiedades medicinales que pueden tener una o varias especies vegetales de nuestro interés se pueden atribuir en gran parte a los metabolitos secundarios (MS) (Li *et al.*, 2020). Los MS también llamados metabolitos especializados o productos naturales son todos aquellos compuestos orgánicos que derivan del metabolismo principal, cuya función radica en mediar las interacciones de la planta con el ambiente (Erb & Kliebenstein, 2020). Los MS se pueden dividir en tres grandes grupos según su origen biosintético: fenoles, terpenos y alcaloides (Li *et al.*, 2020).

### 1.4.2 Tipos de metabolitos secundarios

Los compuestos fenólicos se caracterizan por poseer un anillo aromático con uno o más grupos hidroxilo. Son derivados de la fenilalanina y son una de las clases más importantes de MS en las especies vegetales. Se conocen más de 8,000 compuestos fenólicos identificados y se han reportado que pueden tener diferentes actividades biológicas entre las que destacan sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas y fotoprotectoras (Porras & López, 2009).

Los terpenos, conforman el grupo más numeroso de MS con más de 40,000 compuestos diferentes. Este grupo de metabolitos derivan del ácido mevalónico y se pueden clasificar por su número de unidades de isopreno siendo los hemiterpenos los más pequeños con cinco carbonos (C5), los monoterpenos contienen dos unidades C5, los sesquiterpenos contienen tres unidades, los diterpenos contienen cuatro unidades C5. Algunas plantas producen lo que se conoce como aceites esenciales, estos son los responsables del olor y sabor característico de algunas plantas. De ahí su uso industrial como aromas o fragancias y su uso medicinal por sus propiedades anticarcinogénicas y antimicrobianas (Avalos & Pérez, 2009).

Los alcaloides son un grupo que se caracteriza por tener dentro de su estructura química uno o varios átomos de nitrógeno. Se conocen cerca de 5,500 alcaloides.

Químicamente son un grupo muy heterogéneo, ya que puede haber alcaloides simples hasta alcaloides cuya estructura es más compleja. La mayoría de los compuestos de este grupo son tóxicos, sus efectos pueden ser mortales e incluso provocar la muerte. Las plantas con flor (angiospermas). Son ricas en esta clase de metabolitos, sin embargo, se debe de tener en cuenta que no todas las plantas tendrán la presencia de alcaloides en su fitoquímica e incluso algunas familias botánicas carecerán de ellos (Makkar *et al.*, 2007).

## 1.5 Recurso vegetal

A continuación, se mencionan las especies vegetales usadas en este trabajo y obtenidas de Tonicato, Edo de México con una pequeña descripción botánica y sus respectivos antecedentes fitoquímicos.

### 1.6 *Acacia farnesiana* (L.) Wild.

#### 1.6.1 Características

Arbusto o arbolito de 2 a 5 m de altura; hojas de 2 a 6 cm de largo; flores sésiles, reunidas en cabezuelas de  $\pm$  1 cm de diámetro, solitarias o fasciculadas; corola tubular, de 2 a 2.5 mm de largo, amarilla; legumbre cilíndrica, verde al principio y negra después, glabra, de 4 a 8 cm de largo por  $\pm$  1 cm de diámetro, con el ápice agudo (Rzedowski & Rzedowski, 2005).

#### 1.6.2 Antecedentes fitoquímicos de *A. farnesiana*

Tabla 1. Perfil fitoquímico y antecedentes biológicos de *A. farnesiana*

Perfil fitoquímico	Actividad biológica	Autor
Se aisló y caracterizó al ácido lignocérico y estigmasta-5,22-dien-3-O- $\beta$ -D glucopiranósido del extracto hexánico y clorofórmico de los frutos. Y galato de metilo, ácido gálico, naringenina y pinitol del extracto de metanólico del fruto.	Los extractos mostraron actividad antimicrobiana frente <i>Mycobacterium tuberculosis</i> ; mientras el galato de metilo y la naringenina fueron activos frente a <i>M. tuberculosis</i> y <i>Campylobacter jejuni</i> .	Hernández <i>et al.</i> , 2019
El análisis fitoquímico mostró la presencia de	Se detecto la presencia de antioxidantes. Y los	Hernández García, 2017

triterpenos, esteroides, quinonas y fenoles.	extractos etanólicos de los frutos afectaron a siete cepas bacterianas inhibiendo su crecimiento.	
Del extracto metanólico se aislaron cuatro nuevos diterpenos: acaseno A, acaseno B, farneseno A y farneseno B. También se detectaron flavonoides y triterpenos.	El ácido betulínico mostró actividad citotóxica moderada en cinco líneas celulares cancerígenas. Además, el ácido betulínico, diosmetina y 3',4',5-trihidroxi-7-metoxiflavon inhibieron la generación de aniones superóxido y la liberación de elastasa por neutrófilo mostrando propiedades antiinflamatorias.	Lin <i>et al.</i> , 2009
Metabolitos del género <i>Acacia</i> : aminas y alcaloides, glucósidos, ácidos grasos, terpenos, taninos y flavonoides	-	Seigler, 2003

- no reportado

## 1.7 *Allium cepa* L.

### 1.7.1 Características

Herbácea bulbosa, hasta 122 cm de alto, con olor fuerte, hojas agrupadas en roseta basal, filiformes lanceoladas, inflorescencia en forma de umbela, de flores, blancas a azules, purpúreas o incluso amarillas (Bailey & Bailey, 1976).

### 1.7.2 Antecedentes fitoquímicos de *A. cepa*

Tabla 2. Perfil fitoquímico y antecedentes biológicos de *A. cepa*

Perfil fitoquímico	Actividad biológica	Autor
--------------------	---------------------	-------

<p>Tiosulfinato de propil propano y tiosulfonato de propil propano.</p>	<p>Ambas moléculas mostraron actividad antimicrobiana en cepas bacterianas de <i>Escherichia coli</i>, <i>Klebsiella pneumoniae</i>, <i>Enterococcus faecalis</i> y <i>S. aureus</i> y dos cepas fungicas <i>Candida albicans</i> y <i>Candida krusei</i>, sin embargo, el efecto antifúngico fue mayor al antimicrobiano.</p>	<p>Sorlozano <i>et al.</i>, 2021</p>
<p>La mejor extracción de compuestos fenólicos, flavonoides y antocianinas fue con etanol al 80%.</p>	<p>El tiempo de extracción afectó al resultado en la actividad antioxidante. A tiempos de extracción de 30 minutos los compuestos mostraron actividad antioxidante en la prueba de DPPH. Mientras que a tiempos de extracción de 120 y 240 minutos los compuestos tuvieron actividad en los métodos de FRAP (poder de reducción antioxidante del ión férrico) y el ensayo de <math>\beta</math>-carotenos.</p>	<p>Viera <i>et al.</i>, 2017</p>
<p>-</p>	<p>El extracto acuoso del bulbo mostró halos de inhibición de un radio de 15 mm en <i>E. coli</i>. También inhibió el crecimiento de <i>Bacillus cereus</i>, <i>Salmonella</i> spp,</p>	<p>Rico &amp; Arias, 2007</p>

	<i>Pseudomonas auruginosa</i> y <i>S. aureus</i> .	
Aislaron e identificaron cuatro nuevos productos derivados de la oxidación de quercetina y un derivado de glucósido del estilbeno del extracto acuoso.	El compuesto no. 4 derivado de la oxidación de la quercetina tuvo actividad frente a una cepa resistente de <i>S. aureus</i> y <i>Helicobacter pylori</i> .	Ramos <i>et al.</i> , 2006
Del bulbo se han aislado compuestos azufrados: alicina, bisulfuro de alilpropilo, bisulfuro de dialilo. Flavonoides: como el camferol. En las hojas se han detectado fenoles y flavonoides.	-	Osuna Torres <i>et al.</i> , 2005
Los compuestos azufrados como la aliína y péptidos $\gamma$ -glutámicos son dependientes de la etapa de desarrollo de la planta, así como de los factores ambientales a la que este expuesta y niveles de nutrición de nitrógeno y azufre.	-	Durenkamp & De Kok, 2004

- no reportado

## 1.8 *Asclepias glaucescens* Kunth

### 1.8.1 Características

Herbácea, hasta 70 cm de alto, puberulenta a glabra; hojas opuestas, lámina ovado-lanceolada a elíptica, de 8.5 a 14.5 cm de largo, de 0.9 a 4.4 cm de ancho, cimmas terminales o laterales generalmente con 12 a 27 flores, corola refleja, verde pálida, blanca o de color crema, matizada de morado en el exterior, papilosa en el interior, con ginostegio de 2.2 a 4.4 mm de largo; folículos erectos, de 8.8 cm de largo y 1.4 cm de ancho. (Rzedowski & Rzedowski, 2005).



### 1.8.2 Antecedentes fitoquímicos de *A. glaucescens*

Tabla 3. Perfil fitoquímico y actividad biológica de *A. glaucescens*

Perfil fitoquímico	Actividad biológica	Autor
Las pruebas coloridas del extracto hidroalcohólico de <i>Asclepias curassavica</i> mostraron la presencia de flavonoides, alcaloides, compuestos fenólicos y glicósidos.	El extracto hidroalcohólico mostró actividad diurética en ratas albinas, sin embargo, su efecto fue menor al del control positivo, la furosemida.	Sovero & Apaestegui, 2021
Algunos componentes químicos de <i>A. curassavica</i> que destacan son flavonoles, glucósidos de flavonol y triterpenos. En las hojas reportan la presencia de flavonoides, fenoles, taninos, terpenoides y saponinas. Y finalmente la presencia de cardenólidos, entre los que destacan la calactina, calotropina y asclepina.	Se menciona que el extracto de alcohol mostró actividad citotóxica en células de carcinoma de nasofaringe humana. Siendo responsable de este efecto la calotropina. La asclepina mostró efecto cardiovascular, mostrando ser más segura que otros glicósidos cardíacos. Se encontró que el extracto metanólico inhibió el crecimiento de cuatro cepas bacterianas, incluyendo a <i>S. aureus</i> .	Al-Snafi, 2015
Reportaron la fitoquímica de algunas plantas de familia Apocynaceae. En los extractos acuosos mostraron la presencia de fenoles, flavonoides, saponinas, terpenoides, cumarinas. Los extractos de éter de petróleo	Proponen el uso de los alcaloides encontrados en los extractos de éter de petróleo, ya que estos podrían tener cierto potencial en el tratamiento de enfermedades infecciosas.	Joselin <i>et al.</i> , 2012

mostraron la presencia de alcaloides, fenoles, flavonoides, saponinas, terpenoides. Los extractos de cloroformo mostraron la presencia de flavonoides, glicósidos y cumarinas. Los extractos de etanol y acetona mostraron la presencia de fenoles, flavonoides, terpenoides, quinonas y cumarinas.		
---	--	--

## 1.9 *Tournefortia hirsutissima* L.

### 1.9.1 Características

*T. hirsutissima* es un arbusto leñoso, originaria de los estados de Puebla y Oaxaca, aunque su distribución puede ir desde Florida hasta Colombia (Hernández *et al.*, 2016). Sus hojas son láminas ovaladas a elípticas. Presentan inflorescencia en la cima su forma es corimbiforme, muy ramificada. Sus flores son fragantes, sésiles en las ramas, con cinco sépalos en la base de forma ovalada y lanceolada. Su fruto es una drupa globosa, de 5-6 mm de diámetro de color verde y blanquecina cuando madura (*Tournefortia hirsutissima* s.f).

### 1.9.2 Antecedentes fitoquímicos de *T. hirsutissima*

Tabla 4. Perfil fitoquímico y actividad biológica de *T. hirsutissima*

Perfil fitoquímico	Actividad biológica	Autor
Se aislaron tres alcoholes poliisoprenoides el 16-hidroxi-licoperseno, ( $Z_8, E_3, \omega$ )-dodecaprenol y ( $Z_9, E_3, \omega$ )-tridecaprenol de las hojas de <i>T. hirsutissima</i> .	El extracto de hexano mostró el mejor efecto anti-edema en un modelo murino, con una inhibición de $78.0 \pm 1.5\%$ , resultado similar al del control positivo indometacina, cuya inhibición fue de $87.6 \pm 0.4\%$ mg/oreja.	Hurtado <i>et al.</i> , 2019
Se extrajeron los siguientes	Se elaboró una crema	Rivera <i>et al.</i> , 2017

<p>compuestos <math>\gamma</math>-sitosterol y ácido palmítico mediante arrastre de vapor usando acetato de etilo. También se usó la extracción asistida por microondas usando etanol. Esta última resulto ser más eficiente al extraer dichos compuestos.</p>	<p>utilizando los compuestos extraídos de <i>T. hirsutissima</i>. La crema mostró actividad antimicrobiana en <i>S. aureus</i>, cuyo halo de inhibición fue de 1.9 cm. Los extractos también tuvieron actividad antimicrobiana, aunque sus halos fueron menores.</p>	
<p>En las hojas de <i>Borago officinalis</i>, especie de la familia Boraginaceae misma a la que pertenece <i>T. hirsutissima</i> se detectaron pequeñas cantidades de alcaloides y en las semillas encontraron compuestos fenólicos.</p>	<p>-</p>	<p>Asadi-Samani <i>et al.</i>, 2014</p>
<p>El estudio del aceite esencial de <i>Cordia curassavica</i> especie vegetal que pertenece a la misma familia de <i>T. hirsutissima</i> indica que está conformado por sesquiterpenos, <math>\beta</math>-eudesmol, espatulenol y cadina.</p>	<p>Tanto el aceite esencial como los extractos de hexano presentaron actividad antimicrobiana en cepas de <i>S. epidermidis</i> y <i>S. aureus</i>. La concentración mínima inhibitoria (CMI) del aceite esencial en <i>S. epidermidis</i> y <i>S. aureus</i> fue de 250 <math>\mu\text{g/mL}</math>, de 500 <math>\mu\text{g/mL}</math>; para el extracto hexánico y metanólico de 500 <math>\mu\text{g/mL}</math>; para el extracto clorofórmico fue de 2000</p>	<p>Hernández <i>et al.</i>, 2007</p>

	<p><math>\mu\text{g/mL}</math> en <i>S. epidermidis</i> y de 1500 <math>\mu\text{g/mL}</math> para <i>S. aureus</i>.</p>	
--	--	--

- no reportado

## 2. Justificación

A lo largo de su historia evolutiva, las plantas han desarrollado distintos mecanismos de defensa contra las condiciones de estrés biótico y abiótico. Entre los que destacan los MS cuya función puede ir desde los factores ecológicos como atraer polinizadores, comunicación química con otras especies o defensivas protegiéndolas de la herbívora y de agentes patógenos (García & Carril, 2011). En la actualidad se conocen aproximadamente 20,000 estructuras de metabolitos secundarios provenientes de plantas con potencial farmacológico (Sepúlveda *et al.*, 2003). La industria farmacéutica ha aprovechado estos metabolitos producidos por las plantas como potenciales fármacos (antioxidantes, antimicrobianos, antitumorales, inmunosupresores) de ahí la importancia de seguir investigando a las especies vegetales por su capacidad de producir compuestos bioactivos para su defensa que puedan ser útiles para el humano.

Tal es el caso de las especies empleadas por los habitantes de Tonatico, Estado de México, para tratar padecimientos cutáneos, siendo esta investigación la primera en conocer el efecto antimicrobiano de las cuatro especies mencionadas (*Acacia farnesiana* (L.) Wild., *Allium cepa* L., *Asclepias glaucescens* Kunth, *Tournefortia hirsutissima* L.).

## 3. Pregunta científica

¿Tendrán estas cuatro especies vegetales (*A. farnesiana*, *A. cepa*, *A. glaucescens* y *T. hirsutissima*) de San José de los Amates, Tonatico, Estado de México actividad antimicrobiana?

## 4. Hipótesis

Los pobladores de la localidad de San José de los Amates, Tonatico, mencionan el uso de las siguientes especies vegetales *A. cepa*, *A. farnesiana*, *A. glaucescens* y *T. hirsutissima* como recurso herbolario, a las cuales le otorgan efectos curativos sobre algunas infecciones cutáneas. Se sabe que los extractos de plantas pueden mostrar actividad antibacteriana inhibiendo el crecimiento o afectando a la formación de los biofilms, permitiendo que los antibióticos lleguen a los blancos de los

microorganismos. Además, se ha reportado que estas especies poseen metabolitos secundarios a los cuales se les atribuyen propiedades terapéuticas. De acuerdo con esta información, se espera que las plantas presenten actividad antimicrobiana.

## 5. Objetivos

### Objetivo general

1. Evaluar la actividad antimicrobiana de las especies vegetales: *A. cepa* (flor y bulbo), *A. farnesiana* (frutos y hojas), *A. glaucescens* (hojas) y *T. hirsutissima* (hojas).

### Objetivos particulares

1. Caracterizar los extractos de hexano, acetona y metanol de las cuatro especies vegetales realizando pruebas coloridas para la detección de los principales MS (fenoles, alcaloides, glucósidos y terpenos) y obtener su rendimiento.
2. Evaluar cualitativamente la actividad antibacteriana de los extractos en dos cepas de bacterias: *S. aureus* y *S. epidermidis*.
3. Evaluar cualitativamente la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y la Concentración Mínima Bactericida (CMB) de los extractos que mostraron inhibición en la prueba anterior.
4. Evaluar cualitativamente la actividad antifúngica de los extractos en *T. mentagrophytes*.
5. Determinar cualitativamente la actividad antioxidante de los extractos.

## 6. Metodología

El proyecto se está desarrollando en conjunto con el Laboratorio de Fitoquímica, el Herbario (IZTA) y el Laboratorio de botánica de la UMF de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

### 6.1 Colecta del material vegetal

Las especies utilizadas para llevar a cabo la investigación fueron recolectadas en los años 2017 y 2018 en la localidad de San José de los Amates, Tonalico, Estado de México, cuyas coordenadas son 18°47'06.09" latitud norte y 99°41'13.98" latitud oeste a una altitud de 1677 msnm; al norte colinda con los municipios de Ixtapan de la Sal y Villa Guerrero, al este con Zumpahuacán y al sur con el estado de Guerrero, la región forma parte de la cuenca del río Balsas y su vegetación dominante corresponde a un bosque tropical caducifolio (Gómez Roa, 2013; Luna Céspedes, 2014). *Acacia farnesiana*, *Allium cepa*, *Asclepias glaucescens* y *Tournefortia hirsutissima* son

empleadas por los habitantes mestizos de la localidad en estudio para tratar afecciones dérmicas. Las especies fueron ingresadas a la colección etnobotánica del Herbario IZTA, con los siguientes números de registro (Tabla 5).

Tabla 5. Número de registro Izta de las plantas colectadas en Tonicaco

Planta	No. de registro Izta
<i>A. farnesiana</i>	3314
<i>A. glaucescens</i>	3302
<i>A. cepa</i>	3300
<i>T. hirsutissima</i>	3309

## 6.2 Obtención de los extractos

La obtención de los extractos se llevó a cabo utilizando las partes aéreas de las especies vegetales, las cuales se secaron y se pesaron 5 g. Además, en el caso de *A. cepa* se empleó el bulbo respectivamente.

El método de maceración en frío se usó para la obtención los extractos (Lafont & Portacio, 2011). Para el cual se usaron 3 disolventes con diferente polaridad (hexano, acetona y metanol). El extracto se filtró y se destiló a presión reducida por un rotavapor. Se obtuvieron un total de 24 extractos. Posteriormente se obtuvo su rendimiento en porcentaje por diferencia de peso tomando en cuenta el peso seco de la planta.

## 6.3 Pruebas coloridas

Los principales grupos de metabolitos secundarios se identificaron a partir de pruebas cualitativas coloridas.

La disolución de cada extracto se preparó a una concentración de 1 mg/mL y para las pruebas se usaron tubos de ensayo. Para realizar las reacciones, en los tubos de ensayo se colocaron 100 µL de cada extracto más el reactivo correspondiente; se agregó cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) para fenoles, reactivo de Dragendorff (yoduro de bismuto y potasio) y Mayer (yoduro de mercurio y potasio) para alcaloides y reactivo de Molish para glucósidos (Robles *et al.*, 2016).

Para la identificación de fenoles se utilizó la “prueba del cloruro férrico”, en la que se usa el cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) como catalizador de reacciones. El extracto se disuelve en agua, metanol o etanol y posteriormente se añade la solución de ( $\text{FeCl}_3$ ), en esta se puede observar tres tipos de coloración: roja (compuestos fenólicos en general), verde

(compuestos derivados del catecol) y azul (compuestos derivados del pirogalol) (Barrera *et al.*, 2014).

En el caso de los alcaloides se usaron dos reactivos “Dragendorff” y “Mayer”. El reactivo de Dragendorff nos da la formación de un precipitado naranja al detectar alcaloides en una solución. Mientras que el reactivo de Mayer forma un precipitado blanco indicando la presencia de alcaloides (Barrera *et al.*, 2014).

Para la identificación de glucósidos se usó el reactivo de Molish (alfa-naftol al 1% en metanol), este se añadió a cada tubo de ensayo, posteriormente se le agregó 1 mL de ácido sulfúrico por las paredes. La prueba es positiva cuando se forma un anillo de color púrpura (Garza *et al.*, 2010).

#### 6.4 Actividad antimicrobiana

Para la determinación de la actividad antimicrobiana se usaron dos cepas bacterianas: *S. aureus* ATCC 29213 y *S. epidermidis* ATCC 12228, las cepas se obtuvieron del laboratorio de Farmacognosia de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

*S. aureus* ATCC 29213 es una cepa aislada clínicamente, es usada como cepa de control de calidad estándar en las pruebas de laboratorio, ya que es sensible a varios antimicrobianos, incluidos la meticilina (Soni *et al.*, 2015).

*S. epidermidis* ATCC 12228 esta cepa no infecciosa se caracteriza por no formar biofilms (MacLea & Trachtenberg, 2017).

La evaluación cualitativa de la actividad antimicrobiana se realizó por el método de difusión en agar en disco (Prat, 2002). El inóculo se sembró en agar Müller-Hilton posteriormente se colocaron los sensidiscos con un diámetro de 5 mm previamente impregnados con 2 mg de cada extracto y 25 µg de cloranfenicol para el control positivo; para el control negativo se impregnaron con los solventes de cada extracto. Se realizaron 3 repeticiones por ensayo. La actividad antimicrobiana fue interpretada como la inhibición de crecimiento bacteriano visible para lo que fue necesario comparar los tratamientos con sus respectivos controles positivos y negativos. Se midió el diámetro del halo de inhibición en mm de cada tratamiento con ayuda de un vernier. Una lectura igual o menor a 6 mm indica que no hay zona de inhibición.

#### 6.5 Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y Concentración Mínima Bactericida (CMB)

Para evaluar la concentración mínima inhibitoria (CMI) se usó la metodología de evaluación *in vitro* de la actividad antibacteriana (Ramírez & Castaño, 2009). En el que se realizaron microdiluciones, para lo cual se usaron placas de ELISA de 96 pocillos. Cada una se dividió para tener una mejor organización; el primero de A1 a D1 será (medio+bacterias como control de crecimiento); el segundo de A2 a D2 para

(medio+bacterias+DMSO como control de crecimiento) y vehículo; el tercero de E1 a H1 únicamente medio de cultivo como control de esterilidad; el cuarto de E2 a H2 para (medio+DMSO+bacterias+cloranfenicol como control positivo de inhibición), los pozos restantes fueron para los extractos a diferentes concentraciones. A todos se les añadió 150  $\mu$ L de medio Müller-Hilton y se aplicaron 150  $\mu$ L de los tratamientos con DMSO y se utilizaron las siguientes concentraciones: 2; 1; 0.5; 0.250; 0.150 mg/mL. Por último, se añadieron 50  $\mu$ L de medio+bacteria a todos los cuadrantes menos al tercero. La CMI se interpreta como la concentración de antimicrobiano, contenida en el tubo de la serie que inhibió el crecimiento visible de la bacteria revelado con una solución de TTC al 0.8%, para lo cual fue necesario comparar cada uno de los tubos con los controles positivo y negativo.

## 6.6 Actividad antifúngica

Para evaluar la actividad antifúngica se empleó el método de inhibición de crecimiento radial (Wang *et al.*, 2007). Se usaron sensidiscos de 5 mm de diámetro impregnados con 2 mg de cada extracto a evaluar, como control positivo se impregnaron sensidiscos con 100  $\mu$ g de ketoconazol y al control negativo con 10  $\mu$ g de los disolventes utilizados. Se hicieron 3 repeticiones por tratamiento. La actividad antifúngica se interpretó como la inhibición de crecimiento micelial visible para lo que fue necesario comparar los tratamientos con sus respectivos controles positivos y negativos.

## 6.7 Actividad antioxidante

Para evaluar la actividad antioxidante se utilizó el radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), éste es de color morado cuando está oxidado, es susceptible a reaccionar con compuestos antioxidantes y ser reducido, decolorándose a un color amarillento (Guija *et al.*, 2015).

Para la determinación de la actividad antioxidante se tomaron 25  $\mu$ L de cada extracto metanólico se le adicionaron a cada uno 150  $\mu$ L de DPPH. Se hicieron 3 repeticiones de cada extracto a temperatura ambiente.

Los extractos hexánicos y acetónicos se aplicaron con ayuda de un capilar sobre placa una placa fina. Posteriormente con ayuda de un hisopo se tomó DPPH y se untó sobre la muestra. Se midió el cambio de color morado a amarillo de manera cuantitativa.

# 7. Resultados y discusión

En la tabla 6 se observan los rendimientos en porcentaje de los extractos con respecto a 5 g de planta seca y \*respecto a 600 g para el caso de *A. cepa* (bulbo y tallo 2018), donde se aprecia que el mayor rendimiento corresponde a los extractos metanólicos.



Tabla 6. Rendimiento de los extractos de diferente polaridad de las plantas medicinales de Tonicato Estado de México, a partir de 5 y 600 g de material vegetal seco.

Extracto	Rendimiento %		
	Hexano	Acetona	Metanol
<i>A. farnesiana</i> (hojas)	4.4	3	10.2
<i>A. farnesiana</i> (frutos)	0.6	8	14.8
<i>A. glaucescens</i> (hojas)	1	1.2	6.8
<i>A. cepa</i> (flor) 2017	2.57	3.21	37.94
<i>A. cepa</i> (bulbo) 2017	1.2	3.8	55.4
<i>A. cepa</i> (bulbo) 2018*	-	-	0.44*
<i>A. cepa</i> (tallo) 2018*	1.69*	1.37*	4.99*
<i>T. hirsutissima</i> (hojas)	4.2	2	6.6

Con respecto a 5 g de planta seca; \*respecto a 600 g de planta; - no determinado

En la tabla 7 se pueden observar los resultados preliminares de las pruebas coloridas realizadas con los diferentes extractos de las cuatro especies vegetales. Para la prueba de fenoles, los extractos de hexano no mostraron un cambio en su coloración, excepto *A. cepa* (tallo) que mostró ser positivo. Para la determinación de alcaloides se hicieron dos pruebas: Dragendorff y Mayer, esto se realizó para evitar falsos positivos. Los extractos que mostraron la presencia de alcaloides fueron *T. hirsutissima* (acetona), *A. glaucescens* (acetona), hojas de *A. farnesiana* (hexano y acetona), flor de *A. cepa* (acetona), bulbo de *A. cepa* (acetona y metanol) y tallo de *A. cepa* (hexano y acetona). Para glucósidos se hizo la prueba de Molish donde la mayoría de los extractos fueron positivos mostrando un fuerte cambio de coloración a excepción del bulbo de *A. cepa* (hexánicos). Finalmente, las hojas y frutos de *A. farnesiana*, las hojas de *A. glaucescens* y la flor y bulbo de *A. cepa* mostraron la presencia de saponinas.

Tabla 7. Pruebas coloridas de los extractos de diferente polaridad de las plantas medicinales de Tonicato, Estado de México

Planta	Tipo de extracto	Pruebas coloridas				
		Fenoles	Alcaloides (Dragendorff)	Alcaloides (Mayer)	Glucósidos (Molish)	Saponinas
<i>A. farnesiana</i> (hojas)	Hexano	+	++	++	+++	-
	Acetona	+++	++	+	+++	+
	Metanol	+++	-	+	+++	+
<i>A. farnesiana</i> (frutos)	Hexano	-	++	-	+++	+
	Acetona	+++	++	-	+++	-
	Metanol	+++	-	++	+++	+
<i>A. glaucescens</i> (hojas)	Hexano	-	++	-	+++	-
	Acetona	++	++	+	+++	+
	Metanol	+++	-	-	+++	-
<i>A. cepa</i> (flor) 2017	Hexano	-	++	-	+++	+
	Acetona	++	+	++	+++	+
	Metanol	++	-	-	+++	-
<i>A. cepa</i> (bulbo) 2017	Hexano	-	++	-	-	-
	Acetona	-	++	+	+++	-
	Metanol	+	-	++	+++	-
<i>A. cepa</i> (bulbo) 2018*	Hexano	-	+++	-	-	-
	Acetona	+	++	+	+++	-
	Metanol	-	+	+++	+	+++
<i>A. cepa</i> (tallo) 2018*	Hexano	+	+++	+++	+++	-
	Acetona	-	+++	++	+++	-
	Metanol	++	+++	-	+++	-
<i>T. hirsutissima</i> (hojas)	Hexano	-	++	-	+++	-
	Acetona	++	++	++	+++	-
	Metanol	+++	-	++	+++	-

+ Positivo (poca); ++ Positivo (media); +++ Positivo (fuerte); - Negativo

Los diversos metabolitos secundarios detectados en las plantas pueden tener una importancia beneficiosa en las ciencias médicas. Las especies vegetales estudiadas pertenecen a diferentes familias botánicas con antecedentes químicos en los principales grupos de MS como fenoles, terpenos y alcaloides.

En las pruebas coloridas de *A. farnesiana* se detectaron fenoles en los tres extractos de hojas y frutos, los alcaloides sólo se detectaron en los extractos de hexano y

acetona de las hojas, lo que coincide con el reporte fitoquímico de Seigler, 2003 quien menciona la presencia de flavonoides y alcaloides simples en la familia Fabaceae. En el estudio antimicrobiano hecho por Rojas Hernández et al., 2009 le atribuyen dicha actividad a la presencia de fenoles y taninos contenidos en los extractos de *A. farnesiana*. Los glucósidos estuvieron presentes tanto en los extractos de hojas como en frutos y se observó la presencia de saponinas en los extractos de acetona y metanol de las hojas y de hexano y metanol de los frutos, esto coincide con el listado de Seigler, 2003, donde menciona la presencia de prunasina y sambunigrina, ambos glucósidos cianogénicos. Según Rojas Hernández et al., 2009 la presencia de saponinas en esta familia puede tener actividad antiinflamatoria, diurética y antimicrobiana.

En la planta *A. glaucescens* se detectaron fenoles en los extractos de acetona y metanol. El reporte de Al-Snafi, 2015, menciona la presencia de fenoles en las hojas y raíz de *Asclepia curassavica*. También Joselin et al., 2012, reportan la presencia de fenoles en la familia Apocynaceae. En nuestro trabajo reportamos alcaloides en el extracto acetónico, sin embargo, aún no se tiene registro de la presencia de este tipo de metabolitos en esta familia. También encontramos en todos los extractos glucósidos mientras que las saponinas solo se detectaron en el extracto de acetona, la presencia de ambos metabolitos coincide con el listado de Joselín et al., 2012, donde cita que es común encontrar glucósidos y saponinas en las especies de la familia Apocynaceae.

En los extractos de *A. cepa* se detectaron fenoles en las pruebas coloridas de los extractos acetónicos y metanólicos de la flor y bulbo y hexánico del tallo, esto corresponde con el listado de compuestos químicos de Osuna Torres et al., 2005 quienes reportan la presencia de flavonoides en el bulbo y fenoles y flavonoides en el tallo. Los alcaloides estuvieron presentes en el extracto de acetona (flor y bulbo), metanol (bulbo), hexano y acetona (tallo) coincidiendo con el trabajo de Martín, 1987 quien menciona los alcaloides representativos en la familia Amaryllidaceae como la licorina, licorerina, narciclasina, galantamina crinina, pretazetina, latisodina y montanina; se le atribuye su actividad biológica antimicrobiana a la presencia de estos alcaloides. Todos los extractos de flor y tallo fueron positivos para la reacción de glucósidos, mientras que en el bulbo solo se presentan en los de acetona y metanol; coincidiendo con el listado fitoquímico de Martín, 1987. La presencia de saponinas fue más variada solamente exhibiendo actividad en el extracto de hexano y acetona de flor y de metanol del bulbo.

En la especie *T. hirsutissima* encontramos compuestos fenólicos en los extractos de acetona y metanol de las hojas lo que coincide con el estudio realizado por Asadi-Samani *et al.*, 2014, donde una de las plantas analizadas fue *Borago officinalis* perteneciente a la familia Boraginaceae cuyas semillas son conocidas por sus compuestos fenólicos como el ácido rosmarínico con propiedades antioxidantes. Esto también coincide con el estudio de Hernández *et al.*, 2007, quien menciona algunos fenoles complejos en todos los extractos de *Cordia curassavica* (familia Boraginaceae). Los alcaloides solamente se detectaron en el extracto acetónico lo que coincide con lo reportado por Asadi-Samani *et al.*, 2014, donde hallaron que las hojas de *B. officinalis* contienen pequeñas cantidades de alcaloides como pirrolizidina. Finalmente encontramos glucósidos en todos los extractos, pero las saponinas fueron negativas en todos los extractos de *T. hirsutissima*.

Los resultados de la actividad antibacteriana de las cuatro especies vegetales se pueden observar en la tabla 8. En total fueron trece extractos los que mostraron actividad inhibitoria y cinco los que fueron bacteriostáticos. Destacando *A. farnesiana*, *A. glaucescens* y *A. cepa* quienes mostraron actividad inhibitoria frente a *S. aureus*.

Tabla 8. Actividad antibacteriana de los extractos de diferente polaridad de las plantas de Tonatico, Estado de México

Planta/Extracto	<i>S. aureus</i>			<i>S. epidermidis</i>		
	Hexano	Acetona	Metanol	Hexano	Acetona	Metanol
<i>A. farnesiana</i> (hojas)	10.3±0.49	-	9.03±0.53	-	-	-
<i>A. farnesiana</i> (frutos)	12.0±00	9.0±0.82	9.56±1.01	*	-	-
<i>A. glaucescens</i> (hojas)	12.0±0.58	9.8±0.24	9.96±0.95	*	-	-
<i>A. cepa</i> (flor) 2017	7.4±0.26	13.0±0.28	9.4±0.53	-	19.2±0.4 *	-
<i>A. cepa</i> (bulbo) 2017	8.7±0.22	10.7±0.043*	-	7.46±0.13*	16.1±0.8	-
<i>A. cepa</i> (bulbo) 2018*	-	-	-	-	-	-
<i>A. cepa</i> (tallo) 2018*	-	-	-	-	-	-
<i>T. hirsutissima</i> (hojas)	-	-	-	-	-	-

- Negativo; \* Bacteriostático

Los extractos de hexano y metanol de *A. farnesiana* (hojas) mostraron actividad frente a *S. aureus* mientras que todos los extractos del fruto inhibieron el crecimiento de *S. aureus* y el de hexano mostró actividad bacteriostática sobre *S. epidermidis*. Estos resultados coinciden con lo reportado por Hernández *et al*, 2019 quienes mencionan que los extractos de hexano, cloroformo y metanol inhibieron el crecimiento de *M. tuberculosis*, mientras que el galato de metilo (fenol) y la naringenina, compuestos aislados del extracto de metanol, presentaron actividad frente a *M. tuberculosis* y a *C. jejuni*. Los resultados de Hernández García, 2017 mencionan que los extractos de etanol, disolvente que se encuentra en nivel de polaridad entre la acetona y el metanol, afectaron el crecimiento de siete cepas bacterianas entre las que se encuentran *M. tuberculosis*, *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni*, *Salmonella enteritidis* y *Shigella flexneri*.

Todos los extractos de *A. glaucescens* (hojas) inhibieron el crecimiento de *S. aureus*, únicamente el extracto de hexánico mostró actividad bacteriostática en *S. epidermidis*. Los resultados obtenidos en este trabajo pueden ser de interés ya que no hay literatura que hable sobre el efecto antimicrobiano de esta especie, solamente el reporte de Al-Snafi, 2015 menciona que el extracto de metanol de *A. curassavica* inhibió el crecimiento de *S. aureus*. Joselin *et al.*, 2012 propone el uso de los alcaloides encontrados en los extractos de éter de petróleo de las plantas de la familia Apocynaceae para el tratamiento de enfermedades infecciosas.

Los extractos de *A. cepa* (flor) 2017 exhibieron actividad en ambas cepas bacterianas. El extracto de hexánico, acetónico y metanólico inhibieron el crecimiento de *S. aureus* y el acetónico en *S. epidermidis*, además este último presentó un efecto bacteriostático en *S. aureus*. Nuestros resultados coinciden con otros estudios, por ejemplo, el realizado por Sorlozano *et al.*, 2021 quien evaluó la actividad de dos compuestos en fase gaseosa de la cebolla el tiosulfato de propil propano y tiosulfonato de propil propano y cuyos resultados inhibieron 4 cepas bacterianas, incluyendo a *S. aureus*. El trabajo de García & Herrera demostró que el extracto acuoso de *A. cepa* inhibió a *E. coli* formando un halo de inhibición de 15 mm, el mismo extracto también inhibió el crecimiento de *S. aureus*. Finalmente, el trabajo de Ramos *et al.*, 2006 evaluó la actividad de un compuesto derivado de la oxidación de la quercetina (flavonoide) mostrando actividad frente a *H. pylori* y una cepa resistente de *S. aureus*.

Los extractos de *A. cepa* (bulbo y tallo) 2018 no presentaron actividad inhibitoria o bacteriostática en ninguna cepa. Este resultado es interesante ya que al ser de la misma especie y localidad uno podría esperar una relación con los resultados de *A.*

*cepa* 2017. Durenkamp & De Kok, 2004 mencionan que la etapa de desarrollo de la planta, así como los factores ambientales y disponibilidad de nutrientes juegan un papel importante en la cantidad de compuestos azufrados de *A. cepa*. Literatura más reciente como la expuesta por Li *et al.*, 2020 menciona que la síntesis y acumulación de MS puede ser compleja ya que se ve afectada por factores externos como la incidencia de luz, temperatura, disponibilidad de agua y sales y factores internos que incluyen regulación de genes y enzimas. Esto podría explicar de cierta forma esta diferencia de resultados, ya que a pesar de ser especies vegetales de la misma localidad ambas se recolectaron en tiempos diferentes por lo que puede haber una ligera variación en cuanto a su actividad biológica.

*T. hirsutissima* fue la única especie vegetal en este estudio que no mostró actividad antimicrobiana. Aunque en la literatura hay algunos trabajos como el de Rivera *et al.*, 2017 quienes con los compuestos extraídos de *T. hirsutissima* elaboraron una crema que presentó actividad antimicrobiana en *S. aureus*, formando un halo de inhibición de 1.9 cm y cuyos extractos también tuvieron actividad antimicrobiana, aunque sus halos de inhibición fueron menores. Y el trabajo de Hernández *et al.*, 2007 que evaluaron la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales y de los extractos de hexano mostrando actividad frente a *S. aureus* y *S. epidermidis*.

Finalmente, pocos extractos mostraron actividad frente *S. epidermidis* esto se puede deber a que esta bacteria tiene la capacidad de formar biopelículas que la pueden proteger de los antibióticos (Stearns *et al.*, 2019). Por lo tanto, estos biofilms también pueden ofrecer protección contra los MS de las especies vegetales previamente evaluadas.

Los resultados de la CMI se presentan en la tabla 9. Para ello se evaluaron los 13 extractos que presentaron actividad antimicrobiana en *S. aureus*. La concentración máxima de los extractos fue de 2 mg/mL se observó un efecto bacteriostático por lo que su CMI es > 2 mg/mL. Únicamente los extractos hexánicos de *A. glaucescens* y acetónico de *A. farnesiana* (frutos) obtuvieron un CMI = 2 mg/mL frente a *S. aureus*. No se realizó prueba CMI de los extractos contra *S. epidermidis* ya que el efecto que mostraron las plantas fue bacteriostático o nulo.

Tabla 9. Concentración mínima inhibitoria (CMI) de los extractos de las plantas que mostraron actividad antimicrobiana

Extracto	CMI		
	Hexano	Acetona	Metanol

<i>A. farnesiana</i> (hojas)	> 2 mg/mL	-	> 2mg/mL
<i>A. farnesiana</i> (frutos)	> 2 mg/mL	= 2mg/mL	> 2mg/mL
<i>A. glaucescens</i> (hojas)	= 2 mg/mL	> 2 mg/mL	> 2mg/mL
<i>A. cepa</i> (flor) 2017	> 2 mg/mL	>2 mg/mL	> 2mg/mL
<i>A. cepa</i> (bulbo) 2017	> 2 mg/mL	> 2 mg/mL	-

- la CMI no se determinó

Cabe mencionar que en la concentración mínima bactericida (CMB) el extracto de hexano de *A. glaucescens* y el de acetona de *A. farnesiana* (frutos) a las concentraciones evaluadas mostraron actividad bacteriostática.

Los resultados sobre la actividad antifúngica se pueden observar en la tabla 10. El extracto de acetona de la flor y el bulbo de *A. cepa* presentaron un efecto fungistático retrasando el crecimiento micelial del hongo *T. mentagrophytes*. Los demás extractos no tuvieron actividad antifúngica.

Tabla 10. Actividad antifúngica de los extractos de diferente polaridad de las plantas de Tonatico, Estado de México

Extracto	Inhibición del crecimiento radial		
	<i>T. mentagrophytes</i>		
	Hexano	Acetona	Metanol
<i>A. farnesiana</i> (hojas)	-	-	-
<i>A. farnesiana</i> (frutos)	-	-	-
<i>A. glaucescens</i> (hojas)	-	-	-
<i>A. cepa</i> (flor) 2017	-	*	-
<i>A. cepa</i> (bulbo) 2017	-	*	-
<i>A. cepa</i> (bulbo) 2018*	-	-	-
<i>A. cepa</i> (tallo) 2018*	-	-	-

<i>T. hirsutissima</i> (hojas)	-	-	-
-----------------------------------	---	---	---

\* Actividad fungistática - Sin actividad

La única especie vegetal que mostró inhibir el crecimiento radial de *T. mentagrophytes* fueron los extractos de acetona de *A. cepa* (flor y bulbo) 2017. En nuestro trabajo se observó que el perímetro radial del hongo mostraba medias lunas en contacto con los sensidiscos impregnados por los extractos acetónicos de *A. cepa* por lo que este efecto se consideró como fungistático, este se puede definir como aquel producto que inhibe el crecimiento de un hongo pero que no lo mata (Romero Cabello *et al.*, 2018). En la literatura Solórzano *et al.*, 2021 evaluó la actividad de dos compuestos en fase gaseosa de la cebolla el tiosulfato de propil propano y tiosulfonato de propil propano y cuyos resultados mostraron un efecto antifúngico en *C. albicans* y *C. krusei*. En el trabajo de Frías de León *et al.*, 2020 sobre *T. mentagrophytes* se menciona que este hongo tiene diferentes variantes que, aunque son muy similares morfológicamente su susceptibilidad a los antifúngicos puede variar.

Finalmente, los resultados sobre la actividad antioxidante se presentan en la tabla 11. La mayoría de los extractos presentaron efecto antioxidante, con excepción de los extractos de hexano de *A. cepa* (flor y bulbo). En *T. hirsutissima* (hojas) el efecto antioxidante disminuye conforme va aumentando la polaridad, caso contrario a los frutos de *A. farnesiana* la cual va aumentando con la polaridad.

Tabla 11. Actividad antioxidante de los extractos de diferente polaridad de las cuatro plantas medicinales de Tonicico, Estado de México

Extracto	DPPH		
	Hexano	Acetona	Metanol
<i>A. farnesiana</i> (hojas)	++	++	++
<i>A. farnesiana</i> (frutos)	+	++	+++
<i>A. glaucescens</i> (hojas)	++	++	+++
<i>A. cepa</i> (flor) 2017	-	+++	+++
<i>A. cepa</i> (bulbo) 2017	-	++	++



A. <i>cepa</i> (bulbo) 2018*	+	++	+++
A. <i>cepa</i> (tallo) 2018*	++	++	+++
<i>T. hirsutissima</i> (hojas)	+++	++	+

+ Antioxidante débil (cambio lento en la coloración); ++ Antioxidante medio (cambio medio de coloración); +++ Antioxidante fuerte (cambio rápido de coloración); - No hubo reacción

En cuanto a la actividad antioxidante de *A. farnesiana* (hojas y frutos) los resultados de este estudio coinciden con lo reportado en la bibliografía. Hernández García, 2017 menciona en su estudio la presencia de antioxidantes, estos pueden estar relacionados a los fenoles presentes en el perfil fitoquímico de *A. farnesiana*. Por otra parte, Lin *et al*, 2009 menciona que el ácido betulínico, diosmetina y 3',4',5-trihidroxi-7-metoxiflavon inhibieron la generación de aniones superóxido.

Los resultados obtenidos sobre la actividad antioxidante de *A. glaucescens* (hojas) son reveladores ya que no hay reportes sobre la actividad antioxidante de esta especie. No obstante, se buscó literatura en la que hayan trabajado con alguna especie relacionada con el género *Asclepia*. Se encontró que los resultados de este trabajo coinciden con lo reportado por varios autores. Sovero & Anaestegui, 2021 mencionan la presencia de flavonoides y compuestos fenólicos en el extracto hidroalcohólico de *A. curassavica*. Al-Snafi, 2015 reporta la presencia de fenoles y flavonoides en *A. curassavica*. Jiménez *et al*, 2009 menciona que los flavonoides poseen propiedades quelantes de hierro además de inhibir la formación de especies reactivas de oxígeno inhibiendo oxidadasas. De ahí que esta especie vegetal posea buena actividad antioxidante.

*A. cepa* mostró unos resultados interesantes. La que se recolectó en 2017 presentó actividad antioxidante en los extractos de acetona y metanol al igual que la colectada en 2018 no obstante esta última también presentó actividad antioxidante en el extracto de hexano. Esto posiblemente se puede explicar con el trabajo de Viera *et al.*, 2017 quienes mencionan en sus conclusiones que el tiempo de extracción puede inferir en los resultados sobre la actividad antioxidante, concluyendo que a menores tiempo de extracción (30 minutos) los extractos mostraban mejor actividad en la prueba de DPPH que a mayores tiempos de extracción (120-240 minutos).

Por último, *T. hirsutissima* presentó actividad antioxidante en todos los extractos. El trabajo de Rivera *et al.*, 2017 se enfocó en el estudio del efecto cicatrizante de *T.*

*hirsutissima*, para ello determinaron algunos de los compuestos responsables de este efecto mediante cromatografía de gases acoplada a espectroscopia de masas. Su trabajo determinó que el ácido palmítico regeneraba los queratinocitos, además el Y-sitosterol acelerada la migración de estas células eliminando las especies reactivas de oxígeno, concluyendo que esta planta posee propiedades cicatrizantes y antioxidantes.

## 8. Conclusiones

- Los extractos metanólicos de las cuatro especies vegetales -*Acacia farnesiana*, *Allium cepa*, *Asclepias glaucescens* y *Tournefortia hirsutissima*- presentaron los mayores rendimientos debido a un gran contenido de compuestos polares en comparación a los otros tipos de extractos, hexánico y acetónico.
- En cuanto a las pruebas coloridas, la mayoría de las especies vegetales mostraron ser buena fuente de metabolitos secundarios que potencialmente pueden tener actividad antimicrobianas y antiinflamatorias, importantes en cualquier padecimiento o trastorno inflamatorio de la piel.
- La prueba cualitativa de la actividad antibacteriana mostró que 13 extractos poseen actividad, siendo tres bacteriostáticos específicamente en las cepas de *S. aureus* ATCC29213 y *S. epidermidis* ATCC12228.
- La CMI fue mayor a 2 mg/mL en los extractos hexánico y metanólico de *A. farnesiana* (hojas); hexánico y metanólico de *A. farnesiana* (frutos); acetónico y metanólico de *A. glaucescens*; hexánico, acetónico y metanólico de *A. cepa* (flor) y hexánico y acetónico de *A. cepa* (bulbo). E igual a 2 mg/mL en el extracto acetónico de *A. farnesiana* (frutos) y *A. glaucescens* (hojas).
- Los extractos acetónicos de *A. cepa* presentaron actividad fungistática para el hongo *T. mentagrophytes*.
- La mayoría de los extractos mostraron actividad antioxidante con el radical DPPH, excepto los extractos de acetona de *A. cepa* (bulbo y flor).

## 9. Bibliografía

- Al-Snafi, A. E. (2015). Chemical constituents and pharmacological effects of *Asclepias curassavica*—A review. *Asian Journal of Pharmaceutical Research*, 5(2), 83-87.
- Arias, F. R., Rosado, Q. U., Vargas, V. A., & Grajales, M. C. (2016). Microorganisms responsible of nosocomial infections in the Mexican Social

- Security Institute. *Revista médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 54(1), 20.
- Asadi-Samani, M., Bahmani, M., & Rafieian-Kopaei, M. (2014). The chemical composition, botanical characteristic and biological activities of *Borago officinalis*: A review. *Asian Pacific journal of tropical medicine*, 7, S22-S28.
  - Avalos, G. A., & Pérez, U. C. E. (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología)*, 2(3).
  - Bailey, L. H., & Bailey, E. Z. (1976). *Hortus third: A Concise Dictionary of Plants Cultivated in the United States and Canada*. Macmillan.
  - Barrera, C. A. C., Parra, J., & Suárez, L. E. C. (2014). Caracterización química del aceite esencial e identificación preliminar de metabolitos secundarios en hojas de la especie *Raputia heptaphylla* (rutaceae). *Elementos*, 4(4), 31-39.
  - Biodiversidad. (2018). Riqueza cultural. Recuperado el 21 de agosto de 2018 de <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/riquezacul.html>
  - Brown, M. M., & Horswill, A. R. (2020). *Staphylococcus epidermidis*—Skin friend or foe? *PLoS Pathogens*, 16(11), e1009026.
  - Cabrera-Contreras, R., Morelos-Ramírez, R., Galicia-Camacho, A. N., & Meléndez-Herrada, E. (2013). Antibiotic resistance and biofilm production in *Staphylococcus epidermidis* strains, isolated from a tertiary care hospital in Mexico City. *International Scholarly Research Notices*, 94, 78.
  - Castañeda-Méndez, P. F., Hernández-Juarez, D., Muñoz-López, M., & Soto-Ramírez, L. E. (2018). Frequency of *S. aureus* infections in hospitalized patients in a third level private hospital in Mexico City. *Revista Médica MD*, 9(4), 317-321.
  - Cervantes-García, E., García-González, R., & Salazar-Schettino, P. M. (2014). Características generales del *Staphylococcus aureus*. *Revista Mexicana de Patología Clínica y Medicina de Laboratorio*, 61(1), 28-40.
  - Dorado, J. G., & Fraile, P. A. (2021) Anatomía y fisiología de la piel. *Pediatría Integral*, 156, e1.
  - Durenkamp, M., & De Kok, L. J. (2004). Impact of pedospheric and atmospheric sulphur nutrition on sulphur metabolism of *Allium cepa* L., a species with a potential sink capacity for secondary sulphur compounds. *Journal of Experimental Botany*, 55(404), 1821-1830.
  - Erb, M., & Kliebenstein, D. J. 2020. Plant secondary metabolites as defenses, regulators, and primary metabolites: the blurred functional trichotomy. *Plant physiology*, 184(1), 39-52.

- Flores, R., Villarroel, J. L., & Valenzuela, F. (2021). Enfrentamiento de las infecciones de piel en el adulto. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 32(4), 429-441.
- Frías-De-León, M. G., Martínez-Herrera, E., Atoche-Diéguez, C. E., González-Cespón, J. L., Uribe, B., Arenas, R., & Rodríguez-Cerdeira, C. (2020). Molecular identification of isolates of the *Trichophyton mentagrophytes* complex. *International journal of medical sciences*, 17(1), 45.
- García, G. G., Ayala, E. E., García, P. A. H., Silva, T. B. P., & Molina, O. M. (2020). Conocimiento y práctica de la herbolaria en el estado de México, pautas hacia la sustentabilidad. *Agrociencia*, 54(8), 1043-1058
- Garza, P. R. A., Verde S. M. J., Morales, R. M. E., Oranday, C., A., Rivas, M., C., Núñez, G. M. A., & Barrón, G., M. P. (2010). Actividad amebicida, antioxidante y perfil fitoquímico de extractos metanólicos de *Astrophytum myriostigma* obtenidos de cultivo de callo y del cactus silvestre. *Polibotánica*, (30), 111-121.
- Gómez Roa, K. M. (2013). Estudio del bosque tropical caducifolio en las barrancas de Tonatico, Estado de México, México (Tesis de Licenciatura) Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Guija, P. E., Inocente C. M. Á., Ponce P. J., & Zarzosa N. E. (2015). Evaluación de la técnica 2, 2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante. *Horizonte Médico*, 15(1), 57-60.
- Hernández García, E. (2017). Aislamiento, caracterización estructural y determinación de las propiedades antibacterianas de los constituyentes de los frutos de *Acacia farnesiana* (Tesis Doctoral) Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Hernández, G. E., García, A., Garza, G. E., Avalos, A. F. G., Rivas, G. V. M., Rodríguez, R. J., Alcantar, R. V. M., Delgadillo, P. C., & Del Rayo, C. C. M. (2019). Chemical composition of *Acacia farnesiana* (L) wild fruits and its activity against *Mycobacterium tuberculosis* and dysentery bacteria. *Journal of ethnopharmacology*, 230, 74-80.
- Hernández, M.Á., Rojas, F., Portillo, R., Salgado, M.A., Petranovskii, V., Quiroz, K. (2016). Textural Properties of Hybrid Biomedical Materials Made from Extracts of *Tournefortia hirsutissima* L. Imbibed and Deposited on Mesoporous and Microporous Materials. *Journal of Nanomaterials*, 92-101.

- Hernández, T., Canales, M., Teran, B., Ávila, O., Duran, A., García, A. M., Hernández, H., López, A. O., Ariza, F. M., & Ávila, G. (2007). Antimicrobial activity of the essential oil extracts of *Cordia curassavica*. *Journal of Ethnopharmacology*, 111: 137-141.
- Hickman, C., Roberts, L., Keen, S., Larson, A., l'Anson, H., & Eisenhour, D. (2009). *Principios integrales de zoología* (14th ed., pp. 645, 646). McGraw-Hill Interamericana.
- Hurtado, D. I., Sánchez, C. J. N., Romero, E. A., González, M. L., González, C. J., Herrera, R. M., & Álvarez, L. (2019). 16-hydroxy-lycopersene, a polyisoprenoid alcohol isolated from *Tournefortia hirsutissima*, inhibits nitric oxide production in RAW 264.7 cells and induces apoptosis in Hep3B cells. *Molecules*, 24(13), 2366.
- Jiménez, C. I. E., Martínez, E. Y. C., & Fonseca, J. G. (2009). Flavonoides y sus acciones antioxidantes. *Revista de la Facultad de Medicina UNAM*, 52(2), 73-75.
- Joselin, J., Brintha, T. S. S., Florence, A. R., & Jeeva, S. (2012). Screening of select ornamental flowers of the family Apocynaceae for phytochemical constituents. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 2, S260-S264.
- Krutmann, J., & Merk, H. (2018). *Environment and Skin* (1st ed., pp. 5, 6). Springer International Publishing.
- Lafont, J. J., & Portacio, A. A. (2011). Extracción y caracterización fisicoquímica del aceite de la semilla (almendra) del marañón (*Anacardium occidentale* L). *Información Tecnológica*, 22(1), 51-58.
- Li, Y., Kong, D., Fu, Y., Sussman, M. R., & Wu, H. (2020). The effect of developmental and environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 148, 80-89.
- Lin, A. S., Lin, C. R., Du, Y. C., Lübken, T., Chiang, M. Y., Chen, I. H., Wu, C. C., Hwang, T. L., Chen, S. L., Yen, M. H., Chang, F. R., & Wu, Y. C. (2009). Acasiane A and B and farnesirane A and B, diterpene derivatives from the roots of *Acacia farnesiana*. *Planta médica*, 75(03), 256-261.
- Luna Cespedes, Rosalba. (2014). "Flora de las barrancas de Tonicico, Estado de México, México". (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/308897>
- MacLea, K. S., & Trachtenberg, A. M. (2017). Complete genome sequence of *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228 chromosome and plasmids,

- generated by long-read sequencing. *Genome Announcements*, 5(36), e00954-17.
- Makkar, H. P. S., Becker, K., & Siddhuraju, P. (2007). Plant secondary metabolites. Humana Press.
  - Martin, S. F. (1987). The amaryllidaceae alkaloids. In *The Alkaloids: chemistry and pharmacology* (Vol. 30, pp. 251-376).
  - Mondal, S., & Malakar, S. (2020). Synthesis of sulfonamide and their synthetic and therapeutic applications: Recent advances. *Tetrahedron*, 131662.
  - Mondragón, P. J., Vibrans, H. (2009). Malezas de México. Ficha-*Acacia farnesiana*. Recuperado el 19 de agosto de 2019 de <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/mimosaceae/acacia-farnesiana/fichas/ficha.htm>
  - Orozco-Martínez, J., Lira-Saade, R., Jiménez-Estrada, M., Ávila-Acevedo, J. G., Serrano-Parrales, R., & Hernández-Delgado, T. (2020). Plantas medicinales de Oaxaca, México: Etnobotánica y actividad antibacteriana. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 19(2), 221-235.
  - Osuna Torres L., Tapia Pérez M.E., & Aguilar Contreras A. (2005). Plantas medicinales de la medicina tradicional mexicana para tratar afecciones gastrointestinales: estudio etnobotánico, fitoquímico y farmacológico. *Edicions Universitat Barcelona*. PP. 29-30
  - Peinado R. M. (2021). Resistencia a los antibióticos en tiempos de pandemia (Tesis de Licenciatura). Universidad de Jaén, España. Repositorio de trabajos académicos de la universidad de Jaén. <https://hdl.handle.net/10953.1/14550>
  - Porras, L. A. P., & López, M. A. (2009). Importancia de los grupos fenólicos en los alimentos. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 3(1), 121-134.
  - Prat, S. (2002). Prueba de susceptibilidad antimicrobiana por difusión en agar. *National Committee for Clinical Laboratory Standard (NCCLS)*, (1).
  - Ramírez, L. S., & Castaño, D. M. (2009) Metodologías para evaluar *in vitro* la actividad antibacteriana de compuestos de origen vegetal. *Scientia et Technica*, 15(42), 263-268.
  - Ramos, F. A., Takaishi, Y., Shirotori, M., Kawaguchi, Y., Tsuchiya, K., Shibata, H., Higuti, T., Tadokoro, T., & Takeuchi, M. (2006). Antibacterial and antioxidant activities of quercetin oxidation products from yellow onion (*Allium cepa*) skin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(10), 3551-3557.

- Rico, R. G., & Arias, F. H. (2007). Evaluación de la inhibición del crecimiento de cinco cepas bacterianas patógenas por extractos acuosos de *Allium sativum*, *Allium fistulosum* y *Allium cepa*: estudio preliminar *in vitro*. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 5(2), 68-79.
- Rivera, H. G., Hernández, García. D. Y., & Sánchez, M. L. (2017). Healing Cream *Tournefortia hirsutissima* L. *Medicinal & Aromatic Plants*, 1-3
- Robles, G. M. A., Aguilar, A. J., Gutiérrez, L. M., Rodríguez, F. F., Morales, D. R., J. A., Guerrero, M. P. J., Madrigal, P. J. A., & Del Toro, S. C. L. (2016). Identificación cualitativa de metabolitos secundarios y determinación de la citotoxicidad de extractos de Tempisque (*Sideroxylum capiri* PITTIER). *Biotecnia*, 18(3), 3-8.
- Rojas Hernández, Nidia M., Avellaneda Saucedo, Senovio., Cuéllar Cuéllar, Armando., Romeu Álvarez, Beatriz., & Lugo Moya, Daysi. (2009). Actividad antimicrobiana de *Waltheria indica* y *Acacia farnesiana*. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 40(2), 129-134.
- Romero Cabello, R., Romero Feregrino, R., & Romero Feregrino, R. (2018). *Microbiología y parasitología humana* (4th ed., pp. 446, 447, 779, 785, 786, 919). (Buenos Aires, Argentina). Editorial Médica Panamericana.
- Ruiz, D. R. F., Enrique, M. Q., & Pérez, O. L. C. (2021). Los antibióticos y su impacto en la sociedad. *Medisur*, 19(3), 477-491.
- Ryan, K. J., & Ray, C. G. (Eds.). (2017). *Sherris. microbiología médica* (6a. ed.). ProQuest Ebook Central <https://ebookcentral.proquest.com>
- Rzedowski, G. C. de, Redowski J. (2005). *Flora fanerogámica del Valle de México*. (2nd ed). Instituto de Ecología, A.C y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Salgado, M. R. (2018). *Frecuencia de infecciones asociadas a la atención de la salud en los principales sistemas de información de México*. *Boletín CONAMED*, 3(17) 16-20.
- Secretaría de Salud (2009). *Guía de Práctica Clínica, Diagnóstico y Tratamiento de Tiña y Onicomycosis en el Primer Nivel de Atención*. México.
- Seigler, D. S. (2003). Phytochemistry of *Acacia*—*sensu lato*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 31(8), 845-873.
- Sepúlveda, J. G., Porta, D. H., & Rocha, S. M. (2003). La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(3), 355-363.

- Soni, I., Chakrapani, H., & Chopra, S. (2015). Draft genome sequence of methicillin-sensitive *Staphylococcus aureus* ATCC 29213. *Genome announcements*, 3(5), e01095-15.
- Sorlozano, P, A., Albertuz, C, M., Lopez, M, I., Gil, M, L., Ariza, R, J. J., Maroto, T, A., Baños, A, A., & Gutierrez, F, J. (2021). Antibacterial and antifungal activity of propyl-propane-thiosulfinate and propyl-propane-thiosulfonate, two organosulfur compounds from *Allium cepa*: *In vitro* antimicrobial effect via the gas phase. *Pharmaceuticals*, 14(1), 21.
- Sovero, R. J. L., & Apaestegui, M. E. A. (2021). Actividad diurética del extracto hidroalcohólico de las hojas de *Asclepia curassavica* (L)(globito) en ratas albinas Holtzman (Tesis de Licenciatura). Universidad María Auxiliadora, Peru.
- Stearns, J., Surette, M., & Kaiser, J. (2019). *Microbiology for dummies* (1st ed., pp. 15,32, 36). (Hoboken, Nueva Jersey). John Wiley & Sons, Inc.
- *Tournefortia hirsutissima*. (s. f.). Flora Virtual Estación Biológica El Verde. Recuperado 7 de diciembre de 2021, de [http://floraelverde.catec.upr.edu/especie\\_info.php?id=582](http://floraelverde.catec.upr.edu/especie_info.php?id=582)
- Viera, V. B., Piovesan, N., Rodrigues, J. B., de O Mello, R., Prestes, R. C., dos Santos, R. C. V., de A. Vaucher, R., Hautrive, T. P., & Kubota, E. H. (2017). Extraction of phenolic compounds and evaluation of the antioxidant and antimicrobial capacity of red onion skin (*Allium cepa* L.). *International Food Research Journal*, 24(3). 990-999
- Wang, F. W., Jiao, R. H., Cheng, A. B., Tan, S. H., & Song, Y. C. (2007). Antimicrobial potentials of endophytic fungi residing in *Quercus variabilis* and brefeldin A obtained from *Cladosporium* sp. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 23(1), 79-83.
- Yu, H., Han, X., & Quiñones Pérez, D. (2021). La humanidad enfrenta un desastre: la resistencia antimicrobiana. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 20(3), 1-9.