

ALTERNATIVAS A LA RESISTENCIA ANTIMICROBIANA: UNA REVISIÓN DE LA PLANTA *Mimosa tenuiflora* Y SU CAPACIDAD ANTIMICROBIANA SOBRE ALGUNAS ESPECIES BACTERIANAS RESISTENTES A ANTIBIÓTICOS

Dicson Yamid Salazar-Vargas¹, Mónica Arias Londoño*

¹Facultad de Ciencias y Biotecnología, Universidad CES, Calle 10A # 22-04 | Medellín, Colombia

*Autor de correspondencia: Universidad CES, Calle 10A # 22-04 | Medellín, Colombia, e-mail: maarias@ces.edu.co

RESUMEN

Mimosa tenuiflora (Willd.) Poir. (Fabaceae) se encuentra al norte de Venezuela y Colombia y en los valles secos del sur de México, Honduras y El Salvador. En Colombia, su presencia se concentra principalmente en la llanura del caribe. Esta especie se caracteriza por ser una colonizadora agresiva, de rápido crecimiento y buena capacidad de regeneración, está indicada para proyectos de reforestación. Además de su hábito forrajero y su potencial medicinal, cosmético y forestal. El hecho de que la especie posee compuestos antimicrobianos y alucinógenos hacen que sea económicamente atractiva. Sin embargo, a pesar de su gran utilidad, no existe un cultivo comercial de *M. tenuiflora*. Por lo tanto, la promoción de un cultivo sostenible que le permita acumular metabolitos secundarios puede dar lugar a aplicaciones prácticas en la industria de la fitoterapia. Por lo anterior, nuestro objetivo fue hacer una revisión sobre la caracterización bioquímica, la capacidad antimicrobiana de *M. tenuiflora* en el contexto de la problemática de la resistencia antimicrobiana, y las estrategias actuales de propagación *in vitro* y en invernadero.

Palabras clave: Mimosa, compuestos antimicrobianos, propagación, biodiversidad, resistencia antimicrobiana

INTRODUCCIÓN

Los antibióticos son sustancias antimicrobianas, es decir, moléculas naturales o sintéticas con la capacidad de inhibir el crecimiento y división de las bacterias e incluso provocar la muerte de estas (1); El desarrollo de los antibióticos empezó desde principios de la década de 1940, la cual fue conocida como la época dorada de los antibióticos (1940 – 1960) (2). Esta época constituyó en un espacio de la historia en la cual la humanidad se dio cuenta que existen sustancias con la capacidad de aliviar ciertos síntomas y combatir ciertas patologías.

En particular, la introducción de la penicilina (principios de la década 1940) ofreció la oportunidad de tratar con éxito infecciones estafilocócicas (3), generando un optimismo en torno a que todas las infecciones bacterianas eran tratables. Sin embargo, fue solo hasta principios de la década de 1970 que los médicos finalmente abordaron y adoptaron la práctica médica con sustancias antimicrobianas (4), logrando reducir la morbilidad y mortalidad asociada a ciertas afecciones (3), convirtiendo a los antibióticos en la principal herramienta terapéutica para enfrentar patologías infecciosas (5).

No obstante, en 1942 se reconocieron los estafilococos resistentes a la penicilina, y posteriormente se identificaron cepas bacterianas con resistencia a múltiples antibióticos. A fines de la década de 1960, más del 80% de los aislamientos de estafilococos adquiridos tanto en la comunidad como en el hospital eran resistentes a la penicilina. Exponiendo a las sustancias antimicrobianas (antibióticos) como un recurso importante, pero no ilimitado para su uso clínico (4,6).

La resistencia bacteriana frente a un antibiótico es un fenómeno biológico natural (7), ocurre porque las bacterias son seres vivos con la capacidad de desarrollar diferentes mecanismos de defensa ante cualquier tipo de amenaza que atente contra su vida y reproducción (8), tal como lo es el uso de antibióticos (9,10). Este fenómeno creciente, se caracteriza por ser una refractariedad parcial o total de las bacterias al efecto del antibiótico (11). Sin embargo, el uso apropiado y adecuado de antibióticos es la práctica que maximiza el impacto terapéutico a la vez que minimiza la toxicidad y el desarrollo de resistencia antimicrobiana (9). La resistencia antimicrobiana hace referencia al mecanismo y/o capacidad que tiene un microorganismo para resistir y sobrevivir a los efectos de un antibiótico o mediante el cual la bacteria puede disminuir o inactivar la acción de los agentes antibacterianos (8).

La obtención de compuestos antimicrobianos es posible lograrla por medio de las plantas medicinales, debido a su amplia diversidad de compuestos químicos activos. Por lo anterior, esta revisión se centra en el género mimosa, una planta perteneciente a la familia de las Fabaceae, en particular la *Mimosa tenuiflora* (*Mimosa hostilis*), la cual ha demostrado tener propiedades antimicrobianas y cuyo potencial ha sido menos estudiado.

Resistencia antimicrobiana en la actualidad

Situación epidemiológica de las infecciones asociadas a la atención en salud (IAAS)

Las infecciones nosocomiales, actualmente conocidas como Infecciones Asociadas a la Atención en Salud (IAAS), son definidas como “procesos localizados o sistémicos resultado de la presencia de un agente infeccioso o sus toxinas que no estaba presente, ni incubándose al ingreso a una institución prestadora del servicio de salud” (12). Usualmente, se considera que una infección corresponde a una IAAS si se manifiesta mínimamente 48 horas después de la admisión a la institución (12,13). Las IAAS son una de las causas de enfermedades y muertes potencialmente prevenibles, hoy día hay un creciente número de infecciones, como la neumonía, la tuberculosis, la septicemia, la gonorrea o las enfermedades de transmisión alimentaria, estas son cada vez más difíciles —y a veces imposibles— de tratar, a medida que los antibióticos van perdiendo eficacia (14), se estima

que en países de ingresos bajos a medios, donde es 19 veces más frecuente su aparición en comparación con países de alto ingreso (13).

Un tipo de infección asociada a la atención en salud, siendo la más frecuente, es la infección de herida quirúrgica, constituye el 25% del total de las infecciones intrahospitalarias (15). Según datos del Instituto Nacional de Salud (Colombia), entre los años 2015-2016, se notificaron en promedio 6474 infecciones asociadas a dispositivos en las unidades de cuidado intensivo del país (Colombia), de estas, las de torrente sanguíneo asociado a catéter presentaron una mayor frecuencia en 2680 casos, seguidas por las infecciones del tracto urinario asociada a catéter urinario con 1955 casos, y por último las neumonías asociadas a ventilación mecánica con 1839 casos (16); El origen de los microorganismos que causan la infección puede ser por bacterias que se encuentran de manera natural en algunos tejidos del cuerpo humano (17) o por la presencia de microorganismos en los equipos intrahospitalarios. Las bacterias que infectan sitios quirúrgicos con mayor frecuencia son: *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis*, *Serratia marcescens* y *Escherichia coli* (15).

En la actualidad las bacteriemias son la segunda causa de muerte entre todas las infecciones hospitalarias con una mortalidad atribuible del 25 % en los pacientes de las unidades de cuidados intensivos (16,18). La neumonía e infecciones del torrente sanguíneo representan el mayor número de muertes asociadas a IAAS (12).

La resistencia antimicrobiana es un fenómeno variable entre regiones geográficas dentro de un mismo país y entre instituciones en una misma ciudad, inclusive en una misma institución (19). En Europa, el caso de las bacterias gram-negativas resistentes como *Enterobacter* y *E. coli*, productoras de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) han aumentado su prevalencia (5), en Suramérica, se reporta mayor prevalencia de infecciones por *Klebsiella pneumoniae* BLEE entre 45,4% y 51,9% y por *E. coli* entre 8,5% y 18,1% (20). En EE. UU. y Reino Unido actualmente las cepas de *S. aureus* son resistentes a la penicilina, mientras que en algunas comunidades más del 50% de las cepas son meticilino-resistentes (MRSA) (5). “En Medellín, el estudio de tendencias de la resistencia antimicrobiana, realizado por el grupo GERMEN, revela que, las bacterias más comunes en salas de hospitalización (29,8% de todos los aislamientos) como en unidades de cuidados intensivos (UCI) (15,3%), son *S. aureus* (12,8%), *K. pneumoniae* (9,0%) y *P. aeruginosa* (5,7%)” (20).

Cada día, aproximadamente 1,4 millones de pacientes adquieren una IAAS. En Estados Unidos, los centros para el control y prevención de enfermedades estiman que 1,7 millones de IAAS contribuyen a la ocurrencia de 99.000 muertes cada año (21). Algunos estudios de infecciones causadas por estos patógenos resistentes a los antibióticos frente a patógenos sensibles, muestran que el costo anual para el sistema de salud de EE. UU en el tratamiento de las infecciones resistentes a los antimicrobianos oscila entre US\$21 y \$34 billones y más de US\$8 millones adicionales por costos de hospitalización (5). En Colombia la literatura científica se reporta el doble del costo promedio para el tratamiento para pacientes en hemodiálisis con bacteriemia por bacterias resistentes (22).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en el 2014 emitió el primer informe global sobre resistencia antimicrobiana, recientemente ha sugerido cambiar urgentemente la forma de prescribir y utilizar los antibióticos, proporcionando pautas sencillas y útiles que incluyen medidas destinadas a reducir la propagación de las infecciones como lo es a través de la vacunación, el lavado de las manos, la seguridad de las relaciones sexuales y una buena higiene alimentaria (14). Los países latinoamericanos son permisivos en cuanto al uso de antibióticos y anabólicos en animales de consumo humano ya que no existen políticas claras en cuanto a garantizar las mejores condiciones de crianza y buen uso de antibióticos y otros medicamentos (23), recientemente se documentó la capacidad de transferir horizontalmente genes de resistencia antimicrobiana de bacterias ambientales acuáticas como *Aeromonas salmonicida* a bacterias como *Escherichia coli* (24).

Resistencia antimicrobiana en tiempos del COVID-19

Desde finales de diciembre del 2019, la humanidad ha venido sufriendo un brote pandémico de un virus, en un inicio se desarrolló y expandió una serie de casos de neumonía de etiología desconocida en Wuhan, provincia de Hubei (China), posteriormente se identificó un betacoronavirus y se denominó síndrome respiratorio agudo severo coronavirus 2 (SARS-CoV-2), para marzo del 2020 la OMS declara pandemia esta nueva enfermedad (25,26), la transición hacia la pandemia provocó un aumento en el uso de antibióticos, en la fase inicial de la pandemia se adoptó la práctica de administrar empíricamente antibióticos en diversos protocolos de tratamiento en todo el mundo como estrategia preventiva o de control de algunos síntomas relacionados con la COVID-19 (27–30). Por ejemplo, en España varios protocolos de manejo recomendaron a los médicos para prescribir antibióticos empíricos (como las cefalosporinas) en la mayor parte de los pacientes, independientemente de si había una indicación para su uso (28), en los Estados Unidos el 67% de los pacientes con COVID-19 fueron tratados con antibióticos empíricos y, en China e Indonesia se observó un 70,5% a 95 % de los pacientes fueron tratados con antibióticos (27).

El uso de antibióticos ha sido descrito en más del 70% de los casos de pacientes con COVID-19 (28). Dos estudios realizados en España en busca del uso de antibióticos para tratar la COVID-19 en la fase inicial de la pandemia revelaron que del 82% al 87,8% de pacientes con COVID-19 recibieron terapia con antibióticos independientemente de la gravedad de la infección. Observándose una mayor tasa de mortalidad con el uso de todos los antibióticos excepto los macrólidos y solo un 8% de los pacientes fueron confirmados con coinfección bacteriana (25,27).

Las sospechas de neumonía bacteriana concomitante con COVID-19 quizás fue uno de las razones detrás del uso extensivo de antibióticos. La mayoría de los médicos (83 %) de 23 países informaron haber adaptado la neumonía adquirida en la comunidad local para el uso de antibióticos en pacientes con COVID-19 con coinfección bacteriana (28), la literatura más reciente ha confirmado que la coinfección bacteriana y la superinfección son raras y representan del 8,5 % al 12 % de los casos (27,28).

Particularmente, se han realizado múltiples estudios que, en conjunto, aportan una aproximación al comportamiento de las coinfecciones bacterianas pulmonares y

COVID-19. Lansbury y su grupo en el año 2020 realizaron el primer metanálisis que incluyó 3800 pacientes, donde se reportó una tasa de coinfección bacteriana respiratoria total del 7% en todos los pacientes hospitalizados y el 14% en pacientes ingresados en una unidad de cuidados intensivos (UCI), concluyendo que la coinfección bacteriana implica 5.82 veces mayor riesgo de mortalidad. En este mismo estudio se identificaron como agentes más frecuentes: *Mycoplasma pneumoniae* (42%), *P. aeruginosa* (12%), *Haemophilus influenzae* (12%) y no se reportó *S. aureus* ni *S. pneumoniae* (31).

El uso inadecuado de antibióticos fue muy frecuente en pacientes con COVID-19, lo que conlleva a un mayor riesgo de reacciones adversas (28). *Recientemente en Cataluña, España un estudio con 280,679 pacientes enfermos de COVID-19, se encontraron diferencias significativas en la prevalencia de la enfermedad de acuerdo al sometimiento del paciente a un tratamiento con antibióticos. En general, se presume que el uso previo de antibióticos y la exposición reciente a antibióticos (dos meses anteriores) se correlaciona con una mayor gravedad de la enfermedad COVID-19 (32). Se ha observado que las reacciones adversas más comunes en los pacientes con COVID-19 son la hipertransaminasemia farmacológica, la diarrea inducida por fármacos, la candidiasis, las reacciones alérgicas se volvieron más comunes con una incidencia de 2,5 reacciones alérgicas por cada 1000 prescripciones y uno de los efectos secundarios más temidos del uso inapropiado de antibióticos es el aumento de la resistencia bacteriana (28), en definitiva aún no hay evidencia suficiente para apoyar el uso generalizado de antibióticos empíricos en pacientes con COVID-19 (25).*

Los tratamientos farmacológicos empíricos propuestos para el COVID-19 incluyen: Los mayormente prescritos fueron betalactámicos (72,2%), quinolonas (13,4%), linezolid (2,2%), glicopéptidos (1,6%), cotrimoxazol (0,6%) y tetraciclinas (0,6%) (28). Los fármacos específicos fueron amoxicilina/ácido clavulánico (37,8 %), azitromicina (30.5%), ceftriaxona (12,3 %), piperacilina/tazobactam (13,3 %), azitromicina (8,3 %) y meropenem (7,0 %) (27,33)

Otro factor a tener en cuenta con el aumento en el uso de antibióticos en la pandemia fue la frecuencia de automedicación del personal de la salud, revela que el 76.3 % de los trabajadores se automedica para el tratamiento de la COVID-19, ya sea con antibióticos u otros medicamentos (33).

Alternativas para combatir la resistencia antimicrobiana

Los productos antimicrobianos de origen natural son compuestos que han sufrido innumerables cambios a lo largo de millones de años de evolución. Algunos de estos compuestos se han aprovechado para tratamientos contra infecciones de origen bacteriano en humanos. Por ejemplo, la penicilina, un producto de “desecho” del moho *Penicillium*. Sir Alexander Fleming descubrió su efecto antibiótico por accidente, mientras trabajaba con variantes de *Staphylococcus*, él se dio cuenta que el crecimiento de las colonias de estafilococo estaba sufriendo lisis, con lo cual posteriormente identificó al moho *Penicillium* como el responsable de la lisis bacteriana (34), desde entonces (1928) la penicilina ha sido la base de la terapia antibiótica. En la actualidad resulta difícil diseñar compuestos sintéticos únicos con un único antimicrobiano dirigido a múltiples objetivos. El

antecedente histórico predice que los compuestos antimicrobianos dirigidos a múltiples objetivos son más difíciles de alterar, por ende, son menos susceptibles a la pérdida de eficacia. A lo largo de los años se ha ido perdiendo el interés en los compuestos antimicrobianos de origen natural, una posible alternativa en la obtención de compuestos antimicrobianos dirigidos a múltiples objetivos, este hábito nos induce a priorizar el retorno a la investigación de productos naturales como fuente de oportunidades para nuevos antibióticos (2).

Una de las alternativas biológicas que fueron usadas en China con éxito en la antigüedad (años 2500 AC), fue el uso del moho de la soya. Era usado en el tratamiento de forúnculos, carnabunco y para tratar infecciones cutáneas (35), esto nos indica que la humanidad desde su origen viene enfrentando grandes desafíos en términos microbianos, siendo retos desafiantes que se han ido superando al recurrir a varias estrategias, desde la prevención de riesgos frente a microorganismos resistentes, el tratamiento por diversos mecanismo de acción de los agentes antimicrobianos y políticas estrictas de aislamiento de los pacientes infectados (4).

Las estrategias que se implementan hoy en día para combatir la resistencia a los antibióticos son: La combinación de antibióticos individuales, en busca de aumentar el espectro de cobertura antimicrobiana durante la terapia empírica, queriendo lograr efectos sinérgicos y así mejorar la eficacia, suprimir el surgimiento de resistencia y, minimizar la toxicidad en el huésped (2). La optimización de programas de la educación de todos los profesionales de la salud, en especial los especialistas que recetan antibióticos y de educación al público, lo cual también es de suma importancia. Diversos estudios sugieren que las campañas públicas pueden contribuir a un uso más cuidadoso, racional de los antibióticos en pacientes ambulatorios, al menos en países de alta prescripción (8,36). La vigilancia de resistencia antimicrobiana por lo general se realiza de manera *in vitro* mediante métodos fenotípicos, donde se determina la sensibilidad o resistencia antibiótica, es imperativo comenzar a enfocar esfuerzos en estudios en busca de genes de resistencia antibiótica y desarrollar técnicas de detección de genes en bacterias resistentes (10). En el 2021 La organización panamericana de salud (OPS) hizo énfasis en la necesidad de implementar en Colombia un plan de vigilancia epidemiológica y farmacológica para contrarrestar la resistencia bacteriana (37). En la actualidad se han desarrollado herramientas, técnicas como los mapas microbiológicos, estos ayudan a identificar la presencia de organismos específicos en los ambientes intrahospitalarios proporcionando una visión especializada de los microorganismos circulantes y sus comportamientos en términos de sensibilidad ante los distintos antibióticos empleados (18).

La falta de desarrollos en nuevos antibióticos por parte de la industria farmacéutica se debe principalmente a la reducción de incentivos económicos y por los desafiantes requisitos reglamentarios que representa, lo cual es el reflejo de las pocas empresas farmacéuticas que invierten recursos en la investigación de nuevas moléculas con capacidad antimicrobiana. Dando oportunidad a retomar la investigación de plantas medicinales, siendo importantes para la investigación farmacológica y el desarrollo de medicamentos (2,8,38,39).

Plantas como opción en la búsqueda y obtención de compuestos antimicrobianos

Especies vegetales como fuente de compuestos antimicrobianos

El poder curativo de las plantas ha sido documentado a lo largo de la historia de la humanidad. Las civilizaciones más primitivas lograron notar que algunas plantas poseen propiedades que en su momento eran inexplicables, pero estas lograban contrarrestar sus dolencias. Alcanzando a demostrar empíricamente el poder curativo de las plantas (40,41). El continente americano alberga una inmensa riqueza de plantas medicinales. Una especie que genera interés en América, la cual posee propiedades de utilidad, siendo una planta de amplia distribución en América, la cual ha recibido cinco nombres científicos distintos como: *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir., *Mimosa hostilis* (Mart.) Benth., *Mimosa cabrera* H. Karst., *Mimosa nigra* Huber, Bull. y *Mimosa limana* Rizzini (42,43). En México es popularmente conocida con varios nombres como: tepescahuite, tepescohuite, tepesquehuite, árbol de la piel; en Honduras, Colombia y Venezuela, se le conoce como carbón, carbonal, cabrera, cabrero y carbón negro; y en Brasil como calumbi, jurema, jurema preta o jurema negro (42). *Mimosa tenuiflora* Willd. Poir posee cualidades bacteriostáticas, antisépticas, analgésicas, cicatrizantes y regeneradoras que pueden ser atribuible a la presencia de taninos, saponinas, alcaloides, glucosa, xilosa, rhamnosa, arabinosa, lupeol, fitoesteroles, lípidos, cristales de oxalato de calcio y almidón (44). Esta planta puede ser aprovechada en su totalidad, la madera se usa en Honduras, Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Colombia y Venezuela para hacer un carbón altamente calórico (45). Son evidencias que ayudan a entender su amplio uso y su potencial como posible fuente de compuestos antimicrobianos.

El uso de extractos vegetales con actividades biológicas ha sido de gran importancia a lo largo de los años, destacándose en ellos propiedades antiinflamatorias, antiespasmódicas, antihelmínticas, analgésicas, insecticidas, antifúngicas, antioxidantes, antibacterianas, entre otras (46). La búsqueda de nuevas sustancias antimicrobianas con origen de fuentes naturales, incluyendo los hongos, las plantas e insectos se ha vuelto cada vez más importante, el uso de plantas medicinales en muchos países ha formado parte de la cultura como un tratamiento de diferentes problemas relacionados con la salud y el bienestar (47). Los extractos vegetales que han demostrado poseer propiedades antibacterianas, son extractos vegetales generalmente contienen compuestos fenólicos y polifenólicos, quinonas, flavonoides, taninos (39).

En Brasil esta planta (*M. tenuiflora*) se ha usado en diferentes culturas de algunas tribus nativas para hacer una bebida alucinógena llamada “vino jurema” o “ajucá”, como bebida “milagrosa”. Hay al menos diecinueve especies diferentes conocidas como “jurema”, pero *M. tenuiflora* (*M. hostilis*) recibe en especial el nombre de “jurema negro”. Usan la raíz de la planta para el “jurema negro” (45). El uso de extractos vegetales con actividades biológicas ha sido de gran importancia a lo largo de los años, destacándose en ellos propiedades antiinflamatorias, antiespasmódicas, antihelmínticas, analgésicas, insecticidas, antifúngicas, antioxidantes, antibacterianas, entre otras (46). La búsqueda de nuevas sustancias antimicrobianas con origen de fuentes naturales, incluyendo los hongos, las plantas e insectos se ha vuelto cada vez más importante, el uso de plantas medicinales en muchos países ha formado parte de la cultura como un tratamiento de diferentes problemas relacionados con la salud y el bienestar. Múltiples investigaciones han señalado el estudio de productos naturales y su efecto antibacteriano sobre distintos patógenos, tal como es el

caso en el uso de aceites esenciales producidos por *Laurus nobilis* (laurel) o *Tropaeolum majus* (Mastuerzo), que han mostrado actividad antiviral, antimicrobiana y actividad antitumoral, causando inhibición del crecimiento de *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus pyogenes*, el extracto metanólico de las hojas de Persea americana Mill muestra actividad antimicrobiana potente con zonas de inhibición (39,47).

Colombia se muestra como una alternativa en la investigación de compuestos antimicrobianos gracias a su gran biodiversidad y la riqueza natural, lo cual hace que su vegetación sea muy variada, enriquecida con especies endémicas y diversidad genética muy alta. Volviéndose un país rico para la investigación científica (46).

Características de la planta *Mimosa tenuiflora*

M. tenuiflora es una especie xerófita de hábito arbustivo-arbóreo (48), es una especie rústica, tolera situaciones extremas, como largos períodos de sequía, y tiene un sistema radicular profundo para un desarrollo adecuado en suelos degradados (43). *M. tenuiflora*, va desde el nivel del mar, hasta 1520 msnm (49) (42), “es un árbol espinoso, caducifolio, puede llegar a alcanzar hasta aproximadamente 8 metros de altura, su corteza es rugosa, de color café rojizo a grisácea, con olor y sabor resinoso, y con espinas en los tallos, cortas, muy punzantes que pueden alcanzar hasta los 3 cm de largo, las hojas de 10 a 25 cm de largo alternas y compuestas de 3 a 9 pares de pinas y estas con 20 a 40 hojuelas pequeñas, lineares y oblongas, casi sésiles, los peciolos de 1 a 2.5 cm. de largo” (50). Es representativa de la familia *Fabaceae*, se distribuye de manera cosmopolita, siendo una familia que se encuentra integrada por 3 subfamilias (*Mimosoidae*, *Caesalpinioideae* y *Papilionoideae*) incluye 770 géneros y 19500 especies (51). El género *Mimosa*, perteneciente a la familia *Fabaceae* está compuesta por alrededor de 400-500 especies. Puede encontrarse en todos los hábitats, tanto en regiones tropicales, zonas áridas y semiáridas, como en áreas templadas y frías. El mayor número de especies se presenta en los trópicos a latitudes bajas y medias (43).

Tabla 1: Clasificación taxonómica <i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) (46)	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae

Subfamilia	Mimosoidae
Genero	Mimosa

Esta revisión en base a la planta *Mimosa tenuiflora*, una planta de amplia distribución en América (Figura 1), en Colombia hace presencia en dos regiones (región caribe y región amazónica), con usos industriales por su carbón altamente calórico y con amplias expectativas para la investigación científica por su abundante variedad de compuestos, sustancias que lo integran, de los cuales se reconoce los compuestos fenólicos, flavonoides, taninos, esteroides, entre otros (46,52). Autores como Kyvia Pontes Teixeira das Chagas y su equipo, Rafael Sampaio Octaviano de Souza y su equipo, han reportado una variedad amplia de metabolitos secundarios extraídos de la corteza de *Mimosa tenuiflora*, por ejemplo:

- **Alcaloides:** Se han aislado dos alcaloides indol de "jurema": 5-hidroxi-triptamina, N,N-dimetiltriptamina y Yuremamine extracto butanólico (43,53).
- **Chalcona:** kukulkán A (2',4'-dihidroxi-3',4- dimetoxicalcona); y kukulkán B (2',4',4- trihydroxy-3'-metoxychalcone) (45) en la fracción de hexano-Me2CO (43,53).
- **Fitoesteroides:** campesterol-3-O-beta-D-glucopiranosil, estigmasterol-3-O-beta-D-glucopiranosil, y beta-sitosterol-3-O-beta-D-glucopiranosil en una extracción en cloroformo, un secado con acetato de etilo y pulverizaron con metanol (43,53).
- **Saponinas:** mimonoside A, mimonoside B y mimonoside C en una extracción en cloroformo, un secado con acetato de etilo y pulverizaron con metanol (43,53).
- **Otros:** En una extracción en cloroformo, un secado con acetato de etilo y pulverizaron con metanol se encontró, xilosa, rhamnosa, arabinosa, lupeol y taninos (43,53).



Figura 1: Distribución de la especie mimosa tenuiflora a nivel mundial (49)

Los usos populares de *M. tenuiflora* en Mexico, se conoce desde hace aproximadamente 40 años, a partir de 1986 (42), los principales productos son: estacas, leña y carbón, más recientemente se comenzó a hablar de sus posibles propiedades medicinales (43). *M. tenuiflora* se utiliza para curar las infecciones y tratar las inflamaciones (45). El uso comercial de la corteza de *M. tenuiflora* se encuentra como: en extractos, talco, crema y polvo que es utilizado para quemaduras de segundo y tercer grado (A una concentración del 10%), disminuye inflamaciones (como un polvo hecho de la corteza seca), pues suprime el dolor, tiene actividad antimicrobiana y ayuda a cicatrizar sin dejar huella (43,45). También se preparan champús a base de esta corteza para el fortalecimiento del cuero cabelludo, evita la caspa y previene la caída del cabello (43). Se ha observado que extractos de la corteza de *M. tenuiflora* provocan la inhibición del peristaltismo intestinal debido a una relajación del tejido muscular liso del íleon (45).

Propiedades antimicrobianas en *M. tenuiflora*

En Brasil, concretamente en la región de la caatinga *M. tenuiflora* hace presencia, en el estado de Pernambuco se han realizado estudios evaluando la actividad antibacteriana de la corteza de *M. tenuiflora*. Leite et demostró acción inhibitoria de extractos etanolicos e hidroalcohólicos de *M. tenuiflora*, frente a *S. aureus*, *E. coli* y *P. aeruginosa*, con cepas de la colección de American Type Culture Collection (ATCC). Demostrando que los extractos de *M. tenuiflora* fueron capaces de inhibir 99,9% del crecimiento de las cepas usadas, mostrando una concentración mínima inhibitoria (CMI) y concentración mínima bactericida (CMB) específica para cada cepa como se muestra en la tabla 2 (54).

Tabla 2. Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y Concentración Mínima bactericida (CMB) de una fracción de extractos etanólicos frente a bacterias (54).

Bacteria	Fracción extracto etanólico	
	CMI (µg/mL)	CMB (µg/mL)
<i>S. aureus</i> (ATCC 25.213)	128	256
<i>S. aureus</i> (ATCC 25.925)	512	1024
<i>E. coli</i> (ATCC 2536)	1024	>1024
<i>E. coli</i> (ATCC 8859)	1024	>1024
<i>P. aeruginosa</i> (ATCC 25.619)	128	258

En el estado de Rio Grande do Norte de Brasil realizan un proceso de extracción poco común para obtener ácido piroligno o también llamado vinagre de madera, el cual se obtiene a partir de la madera de *M. tenuiflora*. Es importante saber que, el ácido piroligno puede actuar como un agente antibacteriano, y en los últimos tiempos teniendo en cuenta la creciente resistencia a múltiples fármacos por parte de las bacterias, se mira el uso potencial del ácido piroligno como agente antibacteriano y antifúngico alternativo, lo cual ha sido

corroborado por trabajos de investigación; un estudio llevado a cabo por la Universidad Federal de Rio Grande do Norte (UFRN) en el municipio de Macaíba, evaluó la sensibilidad de bacterias (*E. coli*, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa*) aisladas de pacientes con infección urinaria, frente al ácido piroligno obtenido a partir de madera de *M. tenuiflora*. De los resultados obtenidos, se observa una tendencia cuando se probaron el ácido piroligno en una concentración del 50%, los halos de inhibición medios fueron, en la mayoría de los casos, mayores que los obtenidos con gentamicina (control) (55,56).

Estudios adicionales realizados en Brasil en busca de la actividad antimicrobiana de *M. tenuiflora*. secando y pulverizando la corteza, para realizar una extracción con etanol en un equipo Soxhlet, se evaluó la actividad antimicrobiana frente a cepas de *S. aureus* ATCC 25923 encontrando un rango de valores para CMI de 0,18 mg / mL - 0,36 mg / mL (57).

Producción de *M. tenuiflora*

Uno de los objetivos en la producción a gran escala de especies del género *Mimosa* es la producción de plantas genéticamente uniformes y en condiciones controladas de temperatura, fotoperiodo y luminosidad (58). Considerando la importancia medicinal de *M. tenuiflora*, es importante seleccionar alternativas para optimizar la producción de moléculas y ahondar en técnicas de micropropagación y mantenimiento de cultivos.

Se ha planteado en la teoría que, el aumento en la producción de compuestos secundarios en las plantas puede estar influenciado por la presencia de microorganismos, como los hongos micorrízicos arbusculares, estos forman simbiosis con diversos grupos de plantas. Algunas plantas se han logrado beneficiar, incrementando la producción de compuestos fitoquímicos en la biomasa como lo es *Mentha crispa* L. o los árboles como *Libidibia férrea*, por esto son considerados como biofertilizantes (59,60). Da Silva et en un reciente estudio para verificar el efecto de los hongos micorrízicos arbusculares en la concentración de compuestos fenólicos en la parte aérea de *M. tenuiflora* reporta que no se obtiene beneficio para favorecer el estado nutricional de la planta, ni hay beneficios para optimizar el crecimiento y la producción de plantas de *M. tenuiflora* (60). Sin embargo, en este estudio no se incluyó un tratamiento control, es decir, no incluyeron una planta *M. tenuiflora* ausente de hongos micorrízicos arbusculares por lo cual sus resultados son ambiguos. Pedone-Bonfim replicó el estudio con variaciones en el tratamiento de inoculación, él aplicó además de hongos micorrízicos arbusculares, 4 dosis crecientes de Fosforo en el crecimiento de *M. tenuiflora*, Los resultados de las plantas de *M. tenuiflora* micorrizadas en comparación con las plantas no micorrizadas fueron: plántulas con un mayor crecimiento (micorrizadas), mayor contenido de carbohidratos solubles (micorrizadas), la simbiosis incrementó los niveles de clorofila *a* y *b* y los beneficios más significativos se produjeron en suelos con un contenido de fosforo bajo a moderado (hasta 16 mg/kg) (59).

A pesar del potencial de la planta *M. tenuiflora*, no existe cultivo comercial. Por lo tanto, la promoción del cultivo sostenible se hace necesaria para este tipo de cultivo. En el bosque seco, *M. tenuiflora* es una planta hospedante importante para las comunidades de hongos micorrízicos arbusculares, principalmente para *Gigaspora* y *Glomus* especies, un área donde también se vuelve importante la planta *M. tenuiflora* donde podría ser aprovechada para la restauración de áreas degradadas. Generalmente los estudios realizados para especies del género Mimosa se han realizado en invernaderos. Texeira-Ríos evaluó la respuesta de plántulas de *M. tenuiflora* (Willd.) Poir en un estudio similar al desarrollado por Pedone-Bonfim llegando a conclusiones como: “Hubo un incremento del crecimiento de más del 200 % en plantas inoculadas con *Claroideoglossum etunicatum* o *Fuscutata heterogama* en el suelo sin aplicación de fósforo. No obstante, la adición de fósforo redujo la colonización de las raíces por las micorrizas.” y “las plantas micorrizadas de *M. tenuiflora* mostraron una mayor concentración de nutrientes, en particular P, Ca, Cu y Zn. Sin embargo, se encontró que los niveles crecientes de fertilización con P influyen positivamente en el desarrollo de las plantas de *M. tenuiflora* independientemente de la inoculación de micorrizas” (59,61). Lo cual dice que aun hace falta investigar más al respecto de esta especie en cuanto a su cultivo y sus metabolitos secundarios.

CONCLUSIONES Y FUTUROS PROSPECTOS

Después de hacer la revisión se observa que el número de reportes para el cultivo *in vitro* de *M. tenuiflora* es más reducido en comparación con sus especies hermanas. Sin embargo, el potencial de propagación del género y sus actividades biológicas son indicio de la necesidad de explorar la especie.

REFERENCIAS

1. Seija V, Vignoli R. 34 Principales grupos de antibióticos. :18.
2. Tyers M, Wright GD. Drug combinations: a strategy to extend the life of antibiotics in the 21st century. Nat Rev Microbiol. marzo de 2019;17(3):141-55.
3. Hardy KJ, Hawkey PM, Gao F, Oppenheim BA. Methicillin resistant Staphylococcus aureus in the critically ill. Br J Anaesth. enero de 2004;92(1):121-30.
4. Lowy FD. Antimicrobial resistance: the example of Staphylococcus aureus. J Clin Invest. 1 de mayo de 2003;111(9):1265-73.
5. Medina-Morales DA, Machado-Duque ME, Machado-Alba JE. Resistencia a antibióticos, una crisis global. :1.
6. Padilha IQM, Pereira AV, Rodrigues OG, Siqueira-Júnior JP, Pereira M do SV. Antimicrobial activity of Mimosa tenuiflora (Willd.) Poir. from Northeast Brazil against clinical isolates of Staphylococcus aureus. Rev Bras Farmacogn. marzo de 2010;20(1):45-7.
7. García C P. Resistencia bacteriana en Chile. Rev Chil Infectol. 2003;20:11-23.

8. Rojas GC, Ulate LA. RESISTENCIA ANTIMICROBIANA: MICROORGANISMOS MÁS RESISTENTES Y ANTIBIÓTICOS CON MENOR ACTIVIDAD. :7.
9. Lobo AH, Lozano JS. Generalidades sobre antibioticoterapia. Bases para un tratamiento empírico racional. :26.
10. Mosquito S, Ruiz J, Bauer JL, Ochoa TJ. Mecanismos moleculares de resistencia antibiótica en *Escherichia coli* asociadas a diarrea. Rev Peru Med Exp Salud Pública [Internet]. 29 de enero de 2014 [citado 23 de mayo de 2020];28(4). Disponible en: <https://rpmesp.ins.gob.pe/index.php/rpmesp/article/view/430>
11. 002620resistencia.pdf [Internet]. [citado 18 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://bloqs.xtec.cat/ferrerfrancesch/files/2009/06/002620resistencia.pdf>
12. Unahalekhaka A. Epidemiología de las infecciones asociadas a la atención en salud. :16.
13. Mejía MCO, López MAR. INFECCIONES ASOCIADAS A DISPOSITIVOS EN UCI CONSUMO DE ANTIBIÓTICOS RESISTENCIA BACTERIANA. (52):41.
14. Resistencia a los antibióticos [Internet]. [citado 22 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/resistencia-a-los-antibioticos>
15. FRECUENCIA DE INFECCIONES BACTERIANAS DE HERIDAS QUIRÚRGICAS EN DOS HOSPITALES DE CHILPANCINGO, GUERRERO. :1.
16. Serna LFC, Guerrero CED, Bernal GB. Ministro de Salud y Protección Social. :64.
17. Gamiño-Arroyo AE, Barrios-Ceballos MP, Peña LPC de la, Anaya-Velázquez F, Padilla-Vaca F. Flora Normal, Probióticos y Salud Humana. Acta Univ. 1 de diciembre de 2005;15(3):34-40.
18. Bracamonte FRG, Gamboa FRA. El Mapa Microbiológico como apoyo en el tratamiento de infecciones comunitarias y asociadas a la atención en salud. Rev Exp En Med Hosp Reg Lambayeque. 28 de diciembre de 2016;2(4):151-2.
19. Pérez N, Pavas N, Rodríguez EI. Resistencia a los antibióticos en *Escherichia coli* con beta-lactamasas de espectro extendido en un hospital de la Orinoquia colombiana. Infectio. septiembre de 2011;15(3):147-54.
20. Londoño Restrepo J, Macias Ospina IC, Ochoa Jaramillo FL. Factores de riesgo asociados a infecciones por bacterias multirresistentes derivadas de la atención en salud en una institución hospitalaria de la ciudad de Medellín 2011-2014. Infectio. abril de 2016;20(2):77-83.
21. Unahalekhaka A. Epidemiología de las infecciones asociadas a la atención en salud. :16.
22. Barrero LI, Castillo JS, Leal AL, Sánchez R, Cortés JA, Álvarez CA, et al. Impacto económico de la resistencia a meticilina en pacientes con bacteriemia por *Staphylococcus aureus* en hospitales de Bogotá. Biomédica [Internet]. 25 de marzo de 2014 [citado 23 de mayo de 2020];34(3). Disponible en: <http://www.revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/1692>
23. 0212-1611-nh-38-4-879.pdf [Internet]. [citado 23 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v38n4/0212-1611-nh-38-4-879.pdf>
24. Gastalho S, Silva G, Ramos F. Uso de antibióticos em aquacultura e resistência bacteriana: impacto em saúde pública. Acta Farm Port. 2014;3(1):29-45.

25. Bendala Estrada AD, Calderón Parra J, Fernández Carracedo E, Muiño Míguez A, Ramos Martínez A, Muñoz Rubio E, et al. Inadequate use of antibiotics in the covid-19 era: effectiveness of antibiotic therapy. *BMC Infect Dis*. 8 de noviembre de 2021;21(1):1144.
26. consenso_pdf.pdf [Internet]. [citado 8 de abril de 2022]. Disponible en: https://www.acin.org/images/guias/coronavirus/consenso_pdf.pdf
27. Mohamad IN, Wong CKW, Chew CC, Leong EL, Lee BH, Moh CK, et al. The landscape of antibiotic usage among COVID-19 patients in the early phase of pandemic: a Malaysian national perspective. *J Pharm Policy Pract*. 11 de enero de 2022;15(1):4.
28. Calderón-Parra J, Muiño-Míguez A, Bendala-Estrada AD, Ramos-Martínez A, Muñoz-Rubio E, Carracedo EF, et al. Inappropriate antibiotic use in the COVID-19 era: Factors associated with inappropriate prescribing and secondary complications. Analysis of the registry SEMI-COVID. *PLOS ONE*. 11 de mayo de 2021;16(5):e0251340.
29. Pérez-Martínez CA, Padilla-Santamaría F, Helguera-León SA, Mejía-Cornejo JJ, Casados-Rodríguez BE, Martínez-Abarca CI, et al. Uso y abuso de antimicrobianos en COVID-19: ¿cuándo está justificado prescribir antibióticos? *Med Interna México*. 2021;37(6):1015-29.
30. iecs-irr-800.pdf [Internet]. [citado 22 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/12/1140944/iecs-irr-800.pdf>
31. Lansbury L, Lim B, Baskaran V, Lim WS. Co-infections in people with COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *J Infect*. agosto de 2020;81(2):266-75.
32. Llor C, Ouchi D, Giner-Soriano M, García-Sangenís A, Bjerrum L, Morros R. Correlation between Previous Antibiotic Exposure and COVID-19 Severity. A Population-Based Cohort Study. *Antibiotics*. 8 de noviembre de 2021;10(11):1364.
33. Anampa Aldave KL, Carmen Villegas N. NIVEL DE CONOCIMIENTO SOBRE LA AUTOMEDICACIÓN DE ANTIBIÓTICOS PARA EL TRATAMIENTO COVID-19 EN LOS PRINCIPALES MERCADOS DE SAN JUAN DE LURIGANCHO. *Repos Inst - UMA* [Internet]. 6 de marzo de 2021 [citado 22 de marzo de 2022]; Disponible en: <https://repositorio.uma.edu.pe/handle/20.500.12970/374>
34. Ledermann D W. La historia de la penicilina y de su fabricación en Chile. *Rev Chil Infectol* [Internet]. junio de 2006 [citado 30 de mayo de 2020];23(2). Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182006000200012&lng=en&nrm=iso&tlng=en
35. Acuña L G. Evolución de la terapia antimicrobiana: lo que era, lo que es y lo que será. *Rev Chil Infectol* [Internet]. 2003 [citado 28 de mayo de 2020];20. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182003020100001&lng=en&nrm=iso&tlng=en
36. Pulcini C, Gyssens IC. How to educate prescribers in antimicrobial stewardship practices. *Virulence*. 15 de febrero de 2013;4(2):192-202.
37. Impulso a Colombia en la lucha contra la resistencia antimicrobiana - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud [Internet]. [citado 23 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/noticias/4-3-2021-impulso-colombia-lucha-contra-resistencia-antimicrobiana>
38. Fariña N. Bacterial resistance. A global public health problem with difficult solution. *Mem Inst Investig En Cienc Salud*. 10 de mayo de 2016;14(1):4-7.

39. Romaní Sánchez L. Actividad antibacteriana de compuestos fenólicos aislados de la semilla de *Persea americana* Mill. “palta jass” frente a *Escherichia coli*. ATCC 35218, Ayacucho 2016. Univ Nac San Cristóbal Huamanga [Internet]. 2016 [citado 1 de junio de 2020]; Disponible en: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2331>
40. Silva VA, Gonçalves GF, Pereira MSV, Gomes IF, Freitas AFR, Diniz MFFM, et al. Assessment of mutagenic, antimutagenic and genotoxicity effects of *Mimosa tenuiflora*. *Rev Bras Farmacogn.* marzo de 2013;23(2):329-34.
41. Oliveira LBD. AVALIAÇÃO DE ATIVIDADES FARMACOLÓGICAS DE. 2011;106.
42. Camargo-Ricalde SL. Descripción, distribución, anatomía, composición química y usos de *Mimosa tenuiflora* (Fabaceae-Mimosoideae) en México. *Rev Biol Trop.* diciembre de 2000;48(4):939-54.
43. Chagas KPT das, Lucas FMF, Vieira F de A. PREDICTIVE MODELING OF *Mimosa tenuiflora* (WILLD) POIRET: HOW CAN CLIMATE CHANGE AFFECT ITS POTENTIAL DISTRIBUTION RANGE? *FLORESTA.* 30 de abril de 2020;50(2):1315-24.
44. <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/download/560/430/>.
45. Souza RSO de, Albuquerque UP de, Monteiro JM, Amorim ELC de. Jurema-Preta (*Mimosa tenuiflora* [Willd.] Poir.): a review of its traditional use, phytochemistry and pharmacology. *Braz Arch Biol Technol.* octubre de 2008;51(5):937-47.
46. Pájaro NP, Granados Conde C, Torrenegra Alarcón ME. Actividad antibacteriana del extracto etanólico del peciolo de *Rheum rhabarbarum*. *Rev Colomb Cienc Quím-Farm.* 1 de enero de 2018;47(1):26-36.
47. Paredes C, Alexis J. Efecto antibacteriano in vitro del aceite esencial de *laurus nobilis* «LAUREL» sobre *staphylococcus aureus* ATCC 25923. Univ Priv Antenor Orrego [Internet]. 8 de mayo de 2017 [citado 1 de junio de 2020]; Disponible en: <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/2580>
48. Júnior JTC, Drumond MA, Alves FT. ESTRUTURA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. *Rev Caatinga.* 2011;24(2):6.
49. Pinilla C, Andrés C. Extracción e identificación cualitativa de los principios activos de las cortezas de *Mimosa Tenuiflora* y *Mimosa Púdica*. [citado 7 de septiembre de 2021]; Disponible en: <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/26388>
50. Estudio biológico y etnobotánico del Tepezcohuite/Jurema (*Mimosa tenuiflora* o *Mimosa hostilis*); el árbol medicinal sagrado de América. [Internet]. *Drogas, Política y Cultura.* 2018 [citado 26 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://drogaspoliticacultura.net/psa/estudio-biologico-etnobotanico-del-tepezcohuite-jurema-mimosa-tenuiflora-mimosa-hostilis-arbol-medicinal-sagrado-america/>
51. Mejía D. Familia Fabaceae. 26 de enero de 2021;
52. Pompa Ramos M, Malca Hernández N. Actividad antibacteriana in vitro del aceite esencial de *Thymus vulgaris* “tomillo” frente a las cepas de *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa*. Univ Priv Antonio Guillermo Urreló [Internet]. 17 de mayo de 2019 [citado 2 de junio de 2020]; Disponible en: <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/943>
53. Souza RSO de, Albuquerque UP de, Monteiro JM, Amorim ELC de. Jurema-Preta (*Mimosa tenuiflora* [Willd.] Poir.): a review of its traditional use, phytochemistry and pharmacology. *Braz Arch Biol Technol.* octubre de 2008;51:937-47.

54. Leite SC de M, Medeiros CIS, Maia PCGGS, Magalhães MIS, Freitas FOR, Pessã&a H de LF, et al. Antibacterial and hemolytic activities of *Mimosa tenuiflora* (Willd) Poir. (Mimosoidea). Afr J Microbiol Res. 21 de octubre de 2015;9(42):2166-71.
55. de Souza Araújo E, Pimenta A s., Feijó F m. c., Castro R v. o., Fasciotti M, Monteiro T v. c., et al. Antibacterial and antifungal activities of pyroligneous acid from wood of *Eucalyptus urograndis* and *Mimosa tenuiflora*. J Appl Microbiol. 2018;124(1):85-96.
56. Pós-Graduação PRD. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE. 2018;49.
57. Padilha IQM, Pereira AV, Rodrigues OG, Siqueira-Júnior JP, Pereira M do SV. Antimicrobial activity of *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. from Northeast Brazil against clinical isolates of *Staphylococcus aureus*. Rev Bras Farmacogn. marzo de 2010;20(1):45-7.
58. Parveen S, Shahzad A. A micropropagation protocol for *Cassia angustifolia* Vahl. from root explants. Acta Physiol Plant. 1 de mayo de 2011;33:789-96.
59. Pedone-Bonfim MVL, Silva DKA da, Silva-Batista AR da, de Oliveira AP, Almeida JRG da S, Yano-Melo AM, et al. Mycorrhizal inoculation as an alternative for the sustainable production of *Mimosa tenuiflora* seedlings with improved growth and secondary compounds content. Fungal Biol. 1 de septiembre de 2018;122(9):918-27.
60. da Silva FA, da Silva FSB. Is the application of arbuscular mycorrhizal fungi an alternative to increase foliar phenolic compounds in seedlings of *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir., Mimosoideae? Braz J Bot. 1 de marzo de 2017;40(1):361-5.
61. Teixeira-Rios T, De Oliveira JRG, Yano-Melo AM. Arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus in the initial development of *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. Braz J Bot. 1 de diciembre de 2016;39(4):997-1004.