



DOI: [10.29298/rmcf.v16i88.1479](https://doi.org/10.29298/rmcf.v16i88.1479)

Artículo de Investigación

Caracterización ecológica y fitoquímica de poblaciones naturales de *Galphimia* spp. en el estado de Aguascalientes

Ecological and phytochemical characterization of *Galphimia* spp. natural populations in the state of Aguascalientes

León Arturo Lozano-García¹, José de Jesús Luna-Ruiz^{1*}, Joaquín Sosa-Ramírez¹, Arturo Gerardo Valdivia-Flores¹, Alexandre Toshirrico Cardoso-Taketa², María Luisa Villarreal Ortega², Eleazar León-Alvarez², Mónica Morales Aguilar²

Fecha de recepción/Reception date: 19 de abril de 2024.

Fecha de aceptación/Acceptance date: 30 de septiembre de 2024.

¹Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Básicas. México.

²Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Centro de Investigación en Biotecnología. México.

*Autor para correspondencia; correo-e: joselunarui11@yahoo.com.mx

*Corresponding author; e-mail: joselunarui11@yahoo.com.mx

Resumen

El género *Galphimia*, familia Malpighiaceae, incluye 24 especies, y entre las más representativas están: *Galphimia gracilis*, *Galphimia angustifolia* y *Galphimia glauca*. Esta última se distribuye en las zonas central y noreste de México; se le atribuyen propiedades antiinflamatorias, sedantes y ansiolíticas. Asimismo, se ha identificado la presencia y acumulación de metabolitos bioactivos como los triterpenos, denominados galfiminas, en muestras recolectadas en Guanajuato y Querétaro; galfiminas y galfimidinas en ejemplares de Guerrero y Morelos. Sin embargo, hay pocos registros en comunidades silvestres. El objetivo del presente estudio fue generar información ecológica, morfológica y fitoquímica asociada a cuatro poblaciones naturales de *Galphimia* spp. del estado de Aguascalientes (Aguascalientes, Jesús María, Calvillo y San José de Gracia). En cada población se evaluaron condiciones ecológicas mediante inventario para reconocimiento del sitio; morfológicas con la metodología propuesta por el *International Plant Genetic Resources Institute* y claves taxonómicas; y fitoquímicas con muestras vegetales mediante técnicas cromatográficas en capa fina automatizada y de líquidos de alta resolución. Los cuatro sitios con presencia de *Galphimia* spp. mostraron algún grado de disturbio y diferencias ambientales en suelo y vegetación. En las características morfológicas y fenológicas no hubo diferencias entre poblaciones. El perfil fitoquímico no reveló presencia de galfiminas y galfimidinas citadas en otras poblaciones. Este es el primer análisis fitoecológico y fitoquímico de poblaciones

naturales de *Galphimia* spp. en Aguascalientes. Se requieren estudios más amplios para identificar las especies de *Galphimia* en el estado y analizar la actividad biológica de algunos compuestos bioactivos detectados que podrían ser de interés farmacológico e industrial.

Palabras clave: Aguascalientes, galfimidinas, galfiminas, *Galphimia* Cav., poblaciones silvestres, triterpenos.

Abstract

The *Galphimia* genus of the Malpighiaceae family contains 24 species, among the most representative are *Galphimia gracilis*, *Galphimia angustifolia* and *Galphimia glauca*. In México the latter distributes in the Central and Northeastern regions, where it exhibits anti-inflammatory, sedative, and anxiolytic properties. However, the presence and accumulation of bioactive metabolites such as galfimins, a type of triterpene, present in samples collected in the states of *Guanajuato* and *Querétaro*, and galphimins and galphimidins from the states of *Guerrero* and *Morelos*, have been reported in a few wild communities in Mexico. The objective of the present study was to generate ecological, morphological and phytochemical information associated with natural populations of *Galphimia* spp. in four sites at the state of *Aguascalientes* (*Aguascalientes*, *Jesús María*, *Calvillo* and *San José de Gracia*). Ecological conditions were assessed through an inventory for site recognition; morphological conditions with the methodology proposed by the International Plant Genetic Resources Institute and specialized taxonomic keys; and phytochemistry with plant samples from each population to determine the presence of triterpenes using automated thin layer and high-resolution liquid chromatographic techniques. The sites with the presence of *Galphimia* spp. in the state showed some degree of disturbance and environmental differences in soil and vegetation. Morphological and phenological characteristics did not detect differences between populations. The phytochemical profile did not show the presence of known galfimins and galphimidins in the populations. This is the first report on phytoecological and phytochemical analyses of natural populations of *Galphimia* spp. in *Aguascalientes*. Larger studies are required to identify *Galphimia* species in the state of *Aguascalientes* and analyze the biological activity of some bioactive compounds that were detected, which could be of pharmacological and industrial interest.

Key words: *Aguascalientes*, galphimidins, galphimins, *Galphimia* Cav., wild populations, triterpenes.

Introducción

El género *Galphimia* Cav. pertenece al orden Polygales, familia Malpighiaceae (Stevens, 2024); con 24 especies presentes en México (Villaseñor, 2016), algunas de interés científico y comercial por sus derivados fitoquímicos, como *Galphimia glauca* Cav. (Sharma et al., 2012a) distribuida en estados del centro del país (Gesto-Borroto et al., 2019), principalmente, los situados en provincias biogeográficas del Altiplano Sur, Eje Volcánico Transmexicano, Depresión del Balsas y Sierra Madre del Sur (Espinosa et al., 2008).

En cuanto a su perfil fitoquímico, el primer nor-seco-triterpeno descubierto, aislado de *G. glauca* fue galfimina B, en ejemplares recolectados en Dr. Mora, Guanajuato, con actividad sedante (Tortoriello & Lozoya, 1992). Posteriormente, se registraron otros tipos de triterpenos: A-C y la galfimidina con propiedades antiprotozoarias (del Rayo et al., 2002), galfiminas A-F con actividad sedante y ansiolítica (Cardoso et al., 2004), y se observó actividad antiinflamatoria en extractos metanólicos de poblaciones de *Galphimia* procedentes de Guanajuato, Querétaro, Jalisco y Morelos (Cardoso-Taketa et al., 2008). La actividad antiinflamatoria de los componentes fue descrita por González-Cortazar et al. (2014), y recientemente se profundizó en la acción antiinflamatoria de dos galfimidinas (León-Álvarez et al., 2024).

G. glauca se cita sin categoría de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010, 2010), asociada a zonas de disturbio antrópico, con suelos pobres y vegetación perturbada (Siqueiros et al., 2017). Gesto-Borroto et al. (2019) identificaron cuatro especies de *Galphimia* provenientes de Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Morelos y San Luis Potosí; para determinar la especie de *Galphimia*, los autores usaron seis marcadores de ADN (matK, rbcL, rpoC1, psbA-trnH, ITS1 e ITS2) en combinación con los perfiles químicos de cada población; para ello, emplearon cromatografía de capa fina.

Las poblaciones silvestres de Aguascalientes se catalogan, botánicamente, como *Galphimia glauca* (Siqueiros et al., 2017; Villaseñor, 2016), pero la información sobre su distribución y actividad biológica es escasa y respecto a sus compuestos fitoquímicos es nula. Sin embargo, y dada la discusión y confusiones sobre la identificación de los taxa de *Galphimia* recolectados en México, con base en descriptores botánicos o en marcadores de ADN, en el presente trabajo se considerarán como *Galphimia* spp. los ejemplares recolectados para su estudio. En este sentido, los análisis por código de barras de ADN han revelado la clasificación errónea de muchas especies de *Galphimia* que han sido identificadas como *G. glauca*. El objetivo de la presente investigación fue generar información ecológica, morfológica y fitoquímica asociada a cuatro poblaciones naturales de *Galphimia*

spp. presentes en el estado de Aguascalientes (Aguascalientes, Jesús María, Calvillo y San José de Gracia).

Materiales y Métodos

Caracterización ecológica de *Galphimia* spp.

El área de estudio se eligió a partir de los puntos registrados con presencia de *Galphimia* spp. para el estado de Aguascalientes, entre ellos los municipios: Aguascalientes (AGS) -21°53'01.0206" N y 102°25'22.6204" O, Jesús María (JM) -21°54'24.63" N y 102°31'59.19" O, Calvillo (CAL) -21°53'30.56" N y 102°35'39.37" O, y San José de Gracia (SJG) -22°09'22.46" N y 102°32'27.22" O (Siqueiros, 2024). Con un equipo *Garmin*® eTrex 3 se trazaron polígonos de muestreo no estratificados en áreas variables (uno por localidad) recomendados para este tipo de estudios (McRoberts et al., 1992); posteriormente, en Arcmap 10.8.1 se procesaron utilizando capas vectoriales de regiones biogeográficas (Espinosa et al., 2008) y de tipo de vegetación (Siqueiros et al., 2017).

Personal del herbario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (HUAA) herborizaron (Lot & Chiang, 1986), identificaron y autentificaron los ejemplares colectados por sitio, mediante claves taxonómicas especializadas como la propuesta por Rzedowski (2006), asignándoles números de ingreso a la colección. Se documentó la presencia de especies por sitio mediante el procedimiento descrito por Romahn y Ramírez (2010).

Se obtuvieron cinco muestras de 100-200 g de suelo por sitio, para conformar una muestra compuesta de 1 kg, acorde a los criterios de la NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 (2001). Los datos climatológicos se extrajeron del sistema digital de cartas de geografía y medio ambiente del Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía (Inegi, 2022). Se realizó un inventario de ejemplares que putativamente deberían tratarse de *G. glauca* localizados por sitio y se seleccionaron cinco individuos mediante un muestreo simple.

El registro de características morfológicas (altura, diámetro, número de flores por axila, dimensiones foliares, de fruto, semilla y sus características físicas) se hizo siguiendo el protocolo de Romahn y Ramírez (2010), además se utilizaron las variables de caracterización propuestas por el *International Board for Plant Genetic Resources Institute* (IBPGR, 1980) para especies tropicales. Durante un año (julio 2021-julio 2022), se dio seguimiento *in situ* a las etapas fenológicas de las plantas seleccionadas y documentó el comportamiento de los ejemplares silvestres y el ciclo de reproducción. Los datos por sitio se registraron cada 22 días; la información obtenida se usó para determinar el número de días necesarios para el inicio de las fases de foliación, floración y de fructificación, acorde a la metodología de Fournier (1974). Además, se integró una base de datos complementada con evidencia fotográfica de cada sitio.

Caracterización fitoquímica de *Galphimia* spp.

Obtención de muestras

En marzo de 2023, se seleccionaron cinco ejemplares por sitio, clasificados como *G. glauca*, en etapa de foliación, sanos, vigorosos, libres de plagas, enfermedades y en edad reproductiva; para ello, se siguieron los criterios del manual para el establecimiento

de unidades productoras de germoplasma forestal (Comisión Nacional Forestal [Conafor], 2016). De los ejemplares se recolectaron hojas recién maduras de la parte media de la planta conformando una muestra por sitio; el material se colocó en bolsas de papel etiquetadas para su envío al Laboratorio de Análisis de Suelo, Agua y Nutrientes Vegetales de la Universidad Autónoma de Aguascalientes para su preparación y posterior envío como extractos etanoicos para análisis cromatográfico al Laboratorio de Investigación de Plantas Medicinales de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Preparación del extracto

Con las muestras vegetales se prepararon extractos etanólicos para las cuatro poblaciones, según la metodología descrita por Cardoso-Taketa et al. (2008) con algunas modificaciones. Las muestras se secaron durante siete días en un lugar fresco, seco, sin luz solar directa y se pulverizaron con un mortero. Al material totalmente seco y pulverizado (500 mg) se adicionó, para cada muestra, 1 mL de etanol al 96 %, agitándola durante 30 segundos a 600 rpm en un vortex *Genie*[®] 2 y sonicándola durante 10 minutos en *Ultrasonic Cleaner MRC*[®] D150H, para posteriormente depositarlas en una centrifugadora *Eppendorf*[®] 5702 a 3 000 rpm durante 5 minutos. Se recuperó el sobrenadante y el residuo que contenía el sedimento se reprocesó tres veces para lograr un volumen final de aproximadamente 2.5 mL de extracto por sitio muestreado.

Análisis de Cromatografía de Capa Fina (CCF)

La CCF se realizó utilizando placas de sílice (silica gel 60 UV₂₅₄, tamaño de partícula de 5 μm , 0.2 mm, en soporte de aluminio, Merck®) y se eluyó con una fase móvil de cloroformo y acetato de etilo (1:2 v/v). Las placas de CCF se visualizaron bajo luz UV a 254 nm y 366 nm (Gesto-Borroto *et al.*, 2019). Enseguida, se revelaron con una solución de vainillina al 0.1 % en H₂SO₄ y se calentaron en parrilla eléctrica TSU® SP131325 a 110 °C hasta observar la presencia de los metabolitos, principalmente de triterpenos. Para comparar y analizar los extractos, se utilizó una muestra estándar de triterpenos galfiminas aislados de *G. glauca* provenientes de una población de Dr. Mora, Guanajuato (GM), junto con una muestra de la población de Tepoztlán, Morelos (TM), que no presenta galfiminas. De esta última población se obtuvieron los estándares galfimidina (1) y galfimidina B (2), aislados en estudios previos realizados por Cardoso *et al.* (2004) y León-Álvarez *et al.* (2024).

Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (HPLC)

El perfil cromatográfico de los extractos etanólicos de las poblaciones recolectadas de *Galphimia* spp. se hicieron con la técnica de HPLC bajo las condiciones descritas por Cardoso *et al.* (2004). El análisis se llevó a cabo con un equipo JASCO® modelo LC-Net II/ADC (50/60 HZ), equipado con una columna analítica C18 (Capcell Pak®; 5 μm , 4.6×250 mm).

El sistema de elución fue isocrático, mediante una mezcla de acetonitrilo y agua (45:55 v/v) con un flujo de 0.8 mL min⁻¹. Se inyectaron 20 µL de cada muestra, a una concentración de 3 mg mL⁻¹ y la detección de los metabolitos se hizo con un detector UV de la marca *CAMAG TLC Visualizer*[®] 2 ajustado a 254 nm.

Los extractos obtenidos se analizaron en paralelo con un extracto de *Galphimia glauca* procedente de Dr. Mora, Guanajuato (GM), reconocido por su producción de galfiminas y caracterizado previamente (Cardoso et al., 2004; Gesto-Borroto et al., 2019).

Resultados y Discusión

Caracterización ecológica de *Galphimia* spp.

Los sitios con presencia de *Galphimia* spp. presentaron algunas diferencias en las comunidades vegetales que los conforman e interactúan con ellas, así como de ciertas condiciones ambientales (Cuadro 1). Estos datos concuerdan con la información del sistema digital de cartas de geografía y medio ambiente del Inegi (2022). Se constató que *Galphimia* spp. en Aguascalientes se distribuye en dos de las tres regiones biogeográficas citadas por Espinosa et al. (2008): Aguascalientes, Calvillo y Jesús María para el Altiplano Sur, y San José de Gracia en la Sierra Madre Occidental, en donde forman parte de la vegetación de una zona de transición florística en la entidad, como lo menciona Rzedowski (2006). La caracterización de los ejemplares silvestres de *Galphimia* spp. muestreados en los cuatro espacios geográficos arrojó similitud en cuanto a la morfología y fenología entre ellos, lo cual descarta alguna mutación o

especiación, además de expresar similitudes en atributos de la especie, comparadas con ejemplares autenticados (eFloraMEX, 2023) (Cuadro 2), aunque sin verificación de tipo biotecnológica o genética, como la realizada por Sharma *et al.* (2012b).

Cuadro 1. Descriptores ambientales por sitio.

Descriptor	Aguascalientes	Jesús María	Calvillo	San José de Gracia	Guanajuato (sitio revisado)
1	2 062 m	2 173 m	2 148 m	2 514 m	2 120 m
2	<i>Opuntia</i> spp., <i>Mimosa monancistra</i> Benth., <i>Acacia schaffneri</i> (S. Watson) F. J. Herm., <i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnst.	<i>Quercus potosina</i> Trel., <i>Opuntia</i> spp., <i>Mimosa monancistra</i> Benth., <i>Acacia schaffneri</i> (S. Watson) F. J. Herm., <i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnst., <i>Yucca filifera</i> Chabaud	<i>Opuntia</i> spp., <i>Mimosa monancistra</i> Benth., <i>Acacia schaffneri</i> (S. Watson) F. J. Herm., <i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnst., <i>Forestiera phillyreoides</i> (Benth.) Torr., <i>Yucca filifera</i> Chabaud	<i>Arctostaphylos pungens</i> Kunth, <i>Quercus potosina</i> Trel., <i>Juniperus deppeana</i> Steud.	<i>Quercus eduardii</i> Trel., <i>Quercus laeta</i> Liebm., <i>Opuntia</i> spp., <i>Ambrosia camphorata</i> (Greene) W. W. Payne, <i>Myrtillocactus geometrizans</i> (Mart. ex Pfeiff.) Console
3	Formación compleja de herbáceas, arbustivas y suculentas	Formación compleja de herbáceas, arbustivas y suculentas	Matorral xerófilo	Chaparral	Formación compleja de herbáceas, arbustivas y suculentas
4	Matorral xerófilo	Bosque de encino	Matorral templado/crasicaule	Bosque de encino-pino	Matorral espinoso
5	Xerófila	Xerófila	Templada	Templada	Xerófila
6	Arbustiva	Arbustiva	Arbustiva	Arbórea	Arbustiva
7	Leptosol	Leptosol	Jóvenes con poco desarrollo agrícola, regosol	Agrícola dependiente de las lluvias, phaeozem	Yermosol-regosol
8	Urbanización	Sobrepastoreo	Deforestación	Sobrepastoreo	Erosión
9	Rio Morcinique	Rio Calvillo	Rio Calvillo	Rio San Pedro	No tiene
10	18-21 °C	18-21 °C	18-21 °C	14-18 °C	17.8 °C
11	400-500 mm	500-700 mm	500-700 mm	500-700 mm	664 mm
12	75-90 %	50-75 %	50-75 %	50-75 %	Sin dato
13	Sureste	Sureste	Sureste	Sureste	Sin dato
14	49-64 %	16-25 %	25-36 %	25-36 %	8-20 %
15	20 %	5 %	10 %	10 %	Sin dato
16	20 %	25 %	20 %	20 %	Sin dato
17	5 %	10 %	5 %	5 %	Sin dato
18	5 %	5 %	5 %	5 %	Sin dato

19	45 %	50 %	55 %	55 %	Sin dato
20	5 %	5 %	5 %	5 %	1.4 %
21	Agua circulante	Agua circulante	Agua circulante	Agua circulante	Sin dato

1 = Altitud del lugar (m); 2 = Comunidad vegetal; 3 = Formación vegetal; 4 = Tipo de vegetación; 5 = Grupo de vegetación; 6 = Fisonomía; 7 = Edafología; 8 = Degradación que presenta; 9 = Hidrología; 10 = Temperatura media (°C); 11 = Precipitación media (mm); 12 = Recubrimiento estrato (%); 13 = Exposición; 14 = Pendiente (%); 15 = Roca dura y bloques (%); 16 = Piedras (%); 17 = Arena (%); 18 = Tierra fina (%); 19 = Vegetación (%); 20 = Materia orgánica (%); 21 = Sumergimiento.

Cuadro 2. Descriptores de *Galphimia glauca* Cav. en el sitio.

Descriptor	Aguascalientes	Jesús María	Calvillo	San José de Gracia	Guanajuato (ejemplar revisado)
1	Arbusto pequeño (<5m)				
2	1.20 m	1.15 m	1.02 m	1.27 m	1.5 m
3	1.37 cm	1.17 cm	1.05 cm	1.35 cm	Sin dato
4	Monopódico	Monopódico	Monopódico	Monopódico	Monopódico
5	Muchas ramas primarias				
6	Semierecto	Semierecto	Semierecto	Semierecto	Erecto o escandente
7	Verdusca	Verdusca	Verdusca	Verdusca	Sin dato
8	Ovada	Ovada	Ovada	Ovada	Ovada
9	Aguda	Aguda	Aguda	Aguda	Aguda
10	5 cm promedio maduras	5.3 cm promedio maduras	5.1 cm promedio maduras	5.2 cm promedio maduras	5 cm
11	2.3 cm promedio maduras	2.1 cm promedio maduras	2 cm promedio maduras	2 cm promedio maduras	1.5 cm
12	9 mm promedio anual	7 mm promedio anual	5 mm promedio anual	5.1 mm promedio anual	9 mm
13	Marrón oscuro	Marrón oscuro	Marrón oscuro	Marrón oscuro	Sin dato
14	Verde	Verde	Verde	Verde	Sin dato
15	Axilar	Axilar	Axilar	Axilar	Axilar
16	23 promedio	27 promedio	25 promedio	23 promedio	Sin dato
17	Incluidas	Incluidas	Incluidas	Incluidas	Incluidas
18	10 por flor promedio	Sin dato			

19	Marrón	Marrón	Marrón	Marrón	Marrón
20	Redondeada	Redondeada	Redondeada	Redondeada	Redondeada
21	Coriácea	Coriácea	Coriácea	Coriácea	Sin dato
22	Si	Si	Si	Si	Si
23	3.0 mm promedio maduros	2.9 mm promedio maduros	3.0 mm promedio maduros	3.0 mm promedio maduros	3.2 mm
24	3.0 mm promedio maduros	2.27 mm			
25	2 mm promedio maduras	2 mm promedio maduras	2 mm promedio maduras	1.9 mm promedio maduras	2.23 mm
26	2 mm promedio maduras	2 mm promedio maduras	2 mm promedio maduras	1.6 mm promedio maduras	1.8 mm
27	Marrón	Marrón	Marrón	Marrón	Sin dato
28	Redonda	Redonda	Redonda	Redonda	Globosa
29	Abril-junio	Abril-junio	Abril-junio	Abril-julio	Perenne
30	Julio-octubre	Julio-octubre	Julio-octubre	Julio-octubre	Agosto-septiembre
31	Agosto-octubre	Agosto-octubre	Agosto-octubre	Agosto-octubre	Agosto-octubre
32	Septiembre-diciembre	Septiembre-diciembre	Septiembre-diciembre	Septiembre-diciembre	Sin dato

1 = Hábito de la planta; 2 = Altura promedio (m); 3 = Diámetro del tronco (cm); 4 = Desarrollo vegetativo; 5 = Hábito de ramificación; 6 = Inserción de ramas; 7 = Color de hoja joven; 8 = Forma de hoja; 9 = Forma de ápice de hoja; 10 = Longitud de hoja; 11 = Ancho de hoja; 12 = Longitud de peciolo; 13 = Color de peciolo; 14 = Color de retoño joven; 15 = Inflorescencia; 16 = Flores por axila; 17 = Inserción de las anteras; 18 = Número de estambres; 19 = Color del fruto; 20 = Forma del fruto; 21 = Textura del endocarpio; 22 = Limbo de cáliz; 23 = Longitud del fruto; 24 = Ancho del fruto; 25 = Longitud de la semilla; 26 = Ancho de la semilla; 27 = Color de la semilla; 28 = Forma de la semilla; 29 = Foliación; 30 = Floración; 31 = Fructificación; 32 = Maduración.

Se observó que los cuatro sitios con presencia de *Galphimia* spp. presentan alteraciones antrópicas: sobrepastoreo, los incendios y el cambio de uso de suelo que confirman el establecimiento de la especie en sitios con vegetación perturbada y en ambientes degradados (Siqueiros et al., 2017). Los datos generales referentes a la

caracterización de la recolección, los descriptores ambientales y de los ejemplares localizados por sitio, se muestran en los Cuadros 1 y 2, respetivamente.

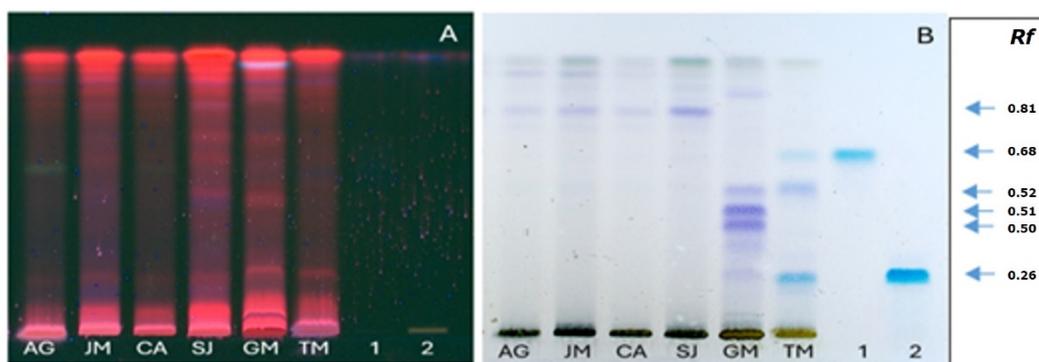
Caracterización fitoquímica de *Galphimia* spp. por CCF

El perfil químico de los extractos etanólicos obtenidos de individuos recolectados en las cuatro localidades de Aguascalientes, reveló la presencia de bandas de color violeta en la Cromatografía de Capa Fina (CCF) al ser tratadas con vainillina/H₂SO₄/110 °C. Esta coloración es característica de los nor-triterpenos bioactivos de la familia de las galfiminas, registradas en poblaciones productoras de ese compuesto (Gesto-Borroto et al., 2019; Sharma et al., 2012a). En contraste, las provenientes de poblaciones no productoras de galfiminas, presentan una coloración azul (León-Álvarez et al., 2024).

La presencia de estos compuestos no identificados, con menor polaridad en comparación con las galfiminas y galfimidinas de los extractos de Guanajuato y Morelos, respectivamente, sugieren que las poblaciones poseen perfiles de triterpenos únicos. En particular, se detectó un compuesto mayoritario en los cuatro sitios de muestreo, con un Factor de retención (*R_f*) de 0.8 y una coloración violeta, lo que plantea interesantes perspectivas sobre la estructura y posible actividad biológica, dado que no ha sido documentado previamente en las especies mexicanas de *Galphimia*.

El perfil de triterpenos en CCF de las muestras de Aguascalientes es más simplificado en comparación con el de individuos recolectados en Guanajuato, Querétaro y Morelos. Es destacable que el compuesto con *R_f* 0.8 es exclusivo de las cuatro poblaciones de *Galphimia* de Aguascalientes y difiere de las obtenidas en la población de Guanajuato, las cuales presentan un *R_f* de 0.5. Además, los extractos

de Aguascalientes no contienen las galfimidinas identificadas en la población de Morelos, ya que la galfimidina y galfimidina B presentan R_f de 0.6 y 0.2, respectivamente (Figura 1).



A = Observadas en luz UV a 366 nm; B = Revelada con vainillina/H₂SO₄/110 °C; R_f = Factor de retención; AG = Aguascalientes; JM = Jesús María; CA = Calvillo; SJ = San José de Gracia; GM = Dr. Mora, Guanajuato (control positivo para galfiminas y negativo para galfimidinas); TM = Tepoztlán, Morelos (control positivo para galfimidina [1] y galfimidina B [2] y negativo para galfiminas).

Figura 1. Perfil cromatográfico en capa fina automatizado (CAMAG) de los extractos de ejemplares silvestres de poblaciones de los estados de Aguascalientes, Guanajuato y Morelos en sílica fase normal y fase móvil CHCl₃:AcOEt (1:2).

Para caracterizar el compuesto con R_f 0.8, será necesario purificarlo mediante métodos cromatográficos y analizarlo con resonancia magnética nuclear de ¹H y ¹³C, así como determinar su peso molecular por espectrometría de masas.

El análisis de CCF de los extractos de Aguascalientes tampoco mostró las bandas correspondientes a los compuestos que revelan color azul, como la galfimidina y la galfimidina B. Estos compuestos están presentes en la población de Tepoztlán, Morelos (TM) y corresponden a *nor*-triterpenos, originalmente aislados de las poblaciones de Ayutla, Guerrero (del Rayo *et al.*, 2002) y de Cuernavaca, Morelos

(Rios et al., 2020), respectivamente. Ambos compuestos tienen actividad antiinflamatoria en células RAW 264.7 de macrófagos, e inhiben la producción de óxido nítrico (León-Álvarez et al., 2024).

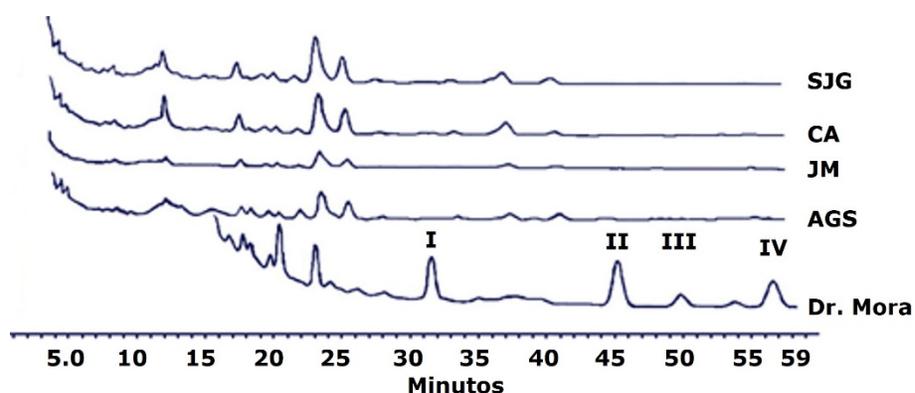
Los perfiles de CCF, particularmente la ausencia de galfiminas citadas en la población de Guanajuato y de galfimidinas identificadas en Morelos, permiten diferenciar claramente las poblaciones de Aguascalientes de las de Dr. Mora, Guanajuato (GM) y Tepoztlan, Morelos (TM), como se observa en la Figura 1. Estudios previos de diversas poblaciones de *Galphimia* spp. sugieren que las diferencias en la producción de metabolitos pueden relacionarse con factores genéticos y ambientales (Gesto-Borroto et al., 2019).

El análisis metabolómico realizado por Sharma et al. (2012b) en poblaciones de *Galphimia* spp. recolectadas en México demostró que la población de Zapopan, Jalisco tiene un perfil químico diferenciado, en comparación con otras poblaciones. Si se considera que las poblaciones recolectadas en Jalisco están más próximas a las de Aguascalientes, sería interesante explorar el grado de similitud química entre las poblaciones de ambas regiones.

Por otro lado, el análisis filogenético basado en la metodología de código de barras de ADN reveló que las poblaciones de *Galphimia* spp. de Morelos, Guerrero y Jalisco se agrupan en el mismo cluster, mientras que las de Guanajuato y Querétaro forman otro cluster que corresponde a *Galphimia glauca*. Dada la proximidad geográfica entre las poblaciones de Jalisco y Aguascalientes, sería relevante investigar si comparten similitudes filogenéticas, ya que ninguna de ellas produce galfiminas (Sharma et al., 2012a).

Análisis por Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (HPLC)

Los perfiles cromatógrafos por *HPLC* de los extractos etanólicos de las poblaciones de Aguascalientes evidenciaron varios picos con Tiempos de retención (t_R) entre 23.0 y 26.0 min. En contraste, el extracto de referencia de la población de Dr. Mora, Guanajuato presentó picos con t_R de 32.5, 46.5, 50.0, 54.0 y 58.0 min, correspondientes a los picos I-V descritos por Cardoso *et al.* (2004) (Figura 2). El pico II, el más abundante, se identificó como la mezcla diastereomérica de galfiminas B y F.



SJG = San José de Gracia; CA = Calvillo; JM = Jesús María; AGS = Aguascalientes; Dr. Mora (Guanajuato).

Figura 2. *HPLC* de extractos etanólicos de cuatro poblaciones de plantas de *Galphimia* spp. recolectadas en Aguascalientes y una población productora de galfiminas (Picos I-V) de Dr. Mora, Guanajuato.

Es importante destacar que los cromatogramas de las cuatro muestras provenientes de los sitios de Aguascalientes presentaron picos mayoritarios y minoritarios. Los tiempos de retención de los picos mayoritarios estuvieron en un intervalo de 23.1 y 25.5 min, mientras que los minoritarios entre 36.9 y 41.0 min, por lo que pueden

ser diferentes triterpenos. La presencia de estos picos sugiere la existencia de compuestos con distintas polaridades: según sus tiempos de retención, los mayoritarios corresponden a compuestos más polares, mientras que los minoritarios son de menor polaridad.

Las diferencias observadas en los perfiles químicos entre las muestras de Aguascalientes y las productoras de galfiminas provenientes de Dr. Mora, Guanajuato, posiblemente se relacionen con variaciones genéticas y condiciones ambientales específicas de cada población, como las características del suelo, temperatura, humedad y radiación solar (Balderas et al., 2020; Cardoso-Taketa et al., 2008; Sharma et al., 2012a).

Los resultados obtenidos mediante *HPLC*, complementados con el análisis por Cromatografía de Capa Fina (CCF), indican que los extractos etanólicos de las poblaciones de *Galphimia* spp. de Aguascalientes no contienen galfiminas.

Conclusiones

Los resultados de esta investigación sugieren que las poblaciones naturales de *Galphimia* spp. en Aguascalientes se encuentran en ambientes degradados, y debido a sus características fenológicas y morfológicas homogéneas pueden asignarse a la misma especie.

El estudio con *HPLC* confirma la ausencia de galfiminas, y los análisis por CCF la carencia de galfimidinas en las poblaciones de *Galphimia* spp. en Aguascalientes. Las cuatro poblaciones de Aguascalientes analizadas mediante CCF evidencian metabolitos de baja polaridad de color violeta, similares a las galfiminas. Estos

compuestos podrían servir como marcadores fitoquímicos para las poblaciones de Aguascalientes.

Es evidente la necesidad de realizar más investigaciones biológicas, químicas y farmacológicas sobre las poblaciones silvestres de *Galphimia* spp. en Aguascalientes. Estos estudios permitirán un mejor entendimiento de sus propiedades biológicas, así como posibles efectos farmacológicos, sedantes y antiinflamatorios, características que se han documentado para triterpenos en poblaciones de *Galphimia* spp. recolectadas en otras regiones de México.

El presente estudio representa un avance significativo, ya que es el primer análisis ecológico y fitoquímico de *Galphimia* spp. en Aguascalientes. Los resultados obtenidos proporcionan perfiles fitoquímicos que confirman la ausencia de compuestos bioactivos previamente descritos. Sin embargo, la detección de otros triterpenos sugiere la posibilidad de un quimiotipo único en esta región, lo que abre nuevas oportunidades para investigaciones futuras, en las que se utilicen técnicas avanzadas como *HPLC-MS* y análisis metabólico. Asimismo, resulta relevante profundizar en el estudio de los compuestos fenólicos presentes, dado su potencial en actividades biológicas de interés farmacológica y ecológica.

Los resultados de la presente investigación no permiten determinar si el material recolectado en Aguascalientes corresponde a *G. glauca*, lo cual deberá ser aclarado en futuros estudios mediante el análisis de código de barras genético.

Agradecimientos

El estudio forma parte del proyecto de Doctorado en Ciencias Biológicas del primer autor: "Localización, propagación y respuesta al manejo agronómico de *Galphimia glauca* Cav. (Malpighiaceae) colectada en Aguascalientes, Méx". Se agradece el apoyo y financiamiento de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, Universidad

Autónoma de Morelos y la beca de doctorado (Registro: 446401) otorgada por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías, Conhacyt (actualmente Secretaría de Humanidades, Ciencia y Tecnología).

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

León Arturo Lozano-García: ejecución de investigación, análisis e interpretación de resultados y redacción del manuscrito; José de Jesús Luna-Ruiz: supervisión de la investigación y análisis e interpretación de resultados; Joaquín Sosa-Ramírez, Arturo Gerardo Valdivia-Flores, Alexandre Thoshirrico Cardoso-Taketa y María Luisa Villarreal Ortega: planeación y seguimiento del proyecto; Eleazar León-Alvarez y Mónica Morales Aguilar: análisis de laboratorio y revisión de datos.

Referencias

- Balderas, G. S., Alcalá, R. E., Ortíz-Caltempa, A., Cardoso-Taketa, A., & Villarreal, M. L. (2020). Variation in the production of sedative and anxiolytic compounds among *Galphimia* sp. populations grown in a greenhouse. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 30(1), 99-102. <https://produccion.sii.unam.mx/Publicaciones/ProdCientif/PublicacionFrw.aspx?id=627207>
- Cardoso T., A. T., Lozada-Lechuga, J., Fragoso-Serrano, M., Villarreal, M. L., & Pereda-Miranda, R. (2004). Isolation of Nor-secofriedelanes from the sedative

- extracts of *Galphimia glauca*. *Journal of Natural Products*, 67(4), 644-649. <https://doi.org/10.1021/np0304666>
- Cardoso-Taketa, A. T., Pereda-Miranda, R., Choi, Y. H., Verpoorte, R., & Villarreal, M. L. (2008). Metabolic profiling of the Mexican anxiolytic and sedative plant *Galphimia glauca* using nuclear magnetic resonance spectroscopy and multivariate data analysis. *Planta Medica*, 74(10), 1295-1301. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18612944/>
- Comisión Nacional Forestal. (2016). *Manual para el establecimiento de unidades productoras de germoplasma forestal*. Comisión Nacional Forestal. https://www.gob.mx/cms/uploads/docs/Manual_para_el_establecimiento_de_unidades_productoras_de_Germoplasma_Forestal.pdf
- del Rayo C., M., Phillipson, J. D., Croft, S. L., Marley, D., Kirby, G. C., & Warhurst, D. C. (2002). Assessment of the antiprotozoal activity of *Galphimia glauca* and the isolation of new nor-secofriedelanes and nor-friedelanes. *Journal of Natural Products*, 65(10), 1457-1461. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12398543/>
- eFloraMEX. (2023, 1 de enero). *Galphimia glauca Cav.* eFloraMEX La flora electronica de México. https://efloramex.ib.unam.mx/cdm_dataportal/taxon/2dc66516-701a-4916-8657-0144b6048a4d
- Espinosa O., D., Ocegueda C., S., Aguilar Z., C., Flores V., Ó., y Llorente-Bousquets, J. (2008). El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. En J. Soberón, G. Halffter y J. Llorente-Bousquets (Comps.). *Capital natural de México Conocimiento actual de la biodiversidad* (Vol. I, pp. 33-65). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. https://www.researchgate.net/publication/301839050_El_conocimiento_biogeografico_de_las_especies_y_su_regionalizacion_natural
- Fournier, L. A. (1974). Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba*, 24, 422-423. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1202016>

Gesto-Borroto, R., Cardoso-Taketa, A., Yactayo-Chang, J. P., Medina-Jiménez, K., Hornung-Leoni, C., Lorence, A., & Villarreal, M. L. (2019). DNA barcoding and TLC as tools to properly identify natural populations of the Mexican medicinal species *Galphimia glauca* Cav. *PLoS One*, *14*(5), Article e0217313. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217313>

González-Cortazar, M., Herrera-Ruiz, M., Zamilpa, A., Jiménez-Ferrer, E., Marquina, S., Alvarez, L., & Tortoriello, J. (2014). Anti-inflammatory activity and chemical profile of *Galphimia glauca*. *Planta Medica*, *80*(1), 90-96. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24338551/>

Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía (Inegi). (2022). *Mapas. Biblioteca digital de Mapas*. Conjunto de datos vectoriales. <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>

International Board for Plant Genetic Resources Institute. (1980). *Tropical fruit descriptors*. International Board for Plant Genetic Resources. <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/89e7bce2-b5d2-4126-8a51-aa683ce179cb/content>

León-Álvarez, E., Millán P., C., Gesto-Borroto, R., Acosta-Urdapilleta, M. de L., Téllez-Téllez, M., Barreto G., R., Núñez-Aragón, P. N., Villareal, M. L., & Cardoso T., A. T. (2024). Anti-inflammatory, radical-scavenging, and chelating activities of Nor-Triterpenes from *Galphimia* species. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, *34*(3), 553-563. <https://doi.org/10.1007/s43450-023-00506-3>

Lot, A., y Chiang, F. (1986). *Manual de herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos*. Consejo Nacional de la Flora de México, A. C. https://issuu.com/jpintoz/docs/1986_lot-chiang_manualherbario_cnfm

McRoberts, R. E., Tomppo, E. O., y Czuplewski, R. L. (1992). Diseños de muestreo de las Evaluaciones Forestales Nacionales. En Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (ONUAA). *Antología de conocimiento para la evaluación de los recursos forestales nacionales* (pp. 1-21). ONUAA.

https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/national_forest_assessment/images/PDFs/Spanish/KR2_ES__4_.pdf

NOM-021-RECNAT-2000. (2001, 14 de agosto). Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, Muestreo y Análisis. Diario Oficial de la Federación, Segunda Sección, de 31 de diciembre de 2002.

<https://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>

NOM-059-SEMARNAT-2010. (2010, 26 de noviembre). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, Segunda Sección, de 30 de diciembre de 2010.

<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/DO2454.pdf>

Rios, M. Y., Ortega, A., Domínguez, B., Déciga, M., & de la Rosa, V. (2020). Glucacetatin E and galphimidin B from *Galphimia glauca* and their anxiolytic activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 259, 112939.

<https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.112939>

Romahn de la V., C. F., y Ramírez M., H. (2010). *Dendrometría*. División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Chapingo.

<https://dicifo.chapingo.mx/pdf/publicaciones/dendrometria.pdf>

Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

<https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMxPort.pdf>

Sharma, A., Folch, J. L., Cardoso-Taketa, A., Lorence, A., & Villarreal, M. L. (2012a). DNA barcoding of the Mexican sedative and anxiolytic plant *Galphimia glauca*. *Journal of Ethnopharmacology*, 144(2), 371-378. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.09.022>

Sharma, A., Cardoso-Taketa, A., Choi, Y. H., Verpoorte, R., & Villarreal, M. L. (2012b). A comparison on the metabolic profiling of the Mexican anxiolytic and sedative plant

Galphimia glauca four years later. *Journal of Ethnopharmacology*, 141(3), 964-974.
<https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.03.033>

Siqueiros D., M. E., Rodríguez Á., J. A., Martínez R., J., Sierra M., J. C., y García R., G. (2017). *Vegetación del Estado de Aguascalientes* (1ra Edición). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Universidad Autónoma de Aguascalientes. https://editorial.uaa.mx/docs/ve_vegetacion_aguascalientes.pdf

Siqueiros D., M. E. (2024, 11 de mayo). *Inventario florístico de familias selectas de dicotiledóneas del estado de Aguascalientes. Version 1.11*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <https://www.gbif.org/es/dataset/d056f586-b5a0-494c-990b-854ddfe18f77>

Stevens, P. F. (2024, April 10). *Angiosperm PhylogenyWebsite. Version 14*. Missouri Botanical Garden. <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>

Tortoriello, J., & Lozoya, X. (1992). Effect of *Galphimia glauca* methanolic extract on neuropharmacological tests. *Planta Medica*, 58(3), 234-236.
<https://doi.org/10.1055/s-2006-961442>

Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87, 559-902.
<https://www.redalyc.org/pdf/425/42547314001.pdf>



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.