Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ciencias Naturales

Licenciatura en Horticultura Ambiental

Usos tradicionales, afinidades ecológicas y rendimiento del aceite esencial de *Dalea lutea* var. *lutea* (Cav.) Willd. (escobilla amarilla), una especie nativa con potencial medicinal.

Tesis individual

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de

Licenciado en Horticultura Ambiental

Presenta:

Carlos Guillermo Mancilla Benítez

Dirigido por:

Dra. Emma Fabiola Magallán Hernández

Querétaro, Qro. a Enero 2026

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DGBSDI-UAQ

La presente obra está bajo la licencia:
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es

CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:

Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada , brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios . Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.

NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales .

SinDerivadas — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una excepción o limitación aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como publicidad, privacidad, o derechos morales pueden limitar la forma en que utilice el material.

Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Licenciatura en Horticultura Ambiental

Usos tradicionales, afinidades ecológicas y rendimiento del aceite esencial de *Dalea lutea* var. *lutea* (Cav.) Willd. (escobilla amarilla), una especie nativa con potencial medicinal.

Tesis individual

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de
Licenciado en Horticultura Ambiental

Presenta:
Carlos Guillermo Mancilla Benítez
Dirigido por:
Dra. Emma Fabiola Magallán Hernández

Emma Fabiola Magallán Hernández
Presidente _____

Juan Antonio Valencia Hernández
Secretario _____

Leticia Margarita Cano Asseleih
Vocal _____

Ma Anaberta Cardador Martínez
Suplente _____

Santiaga Marisela Ahumada Solórzano
Suplente _____

Centro Universitario, Querétaro, Qro.

(Fecha de aprobación por el consejo Universitario)

México

A. DEDICATORIA

- En memoria de Gustavo Benítez, un gran hombre que, aunque no estuvo aquí para verme concluir esta etapa, siempre me mostró su apoyo y cariño incondicional.

- A mi madre, Ivonne, la persona más sabía que conozco, por sus consejos y amabilidad. Por apoyarme en los momentos más complicados no solo de esta investigación sino de mi vida. Sus palabras siempre sirvieron de aliento y confort.

- A la Dra. Fabiola Magallán por creer en mí y apoyarme en la investigación que quise llevar a cabo con todos los retos que esta tuvo. Siempre me alentó, acompañó y enseñó. Por compartir sus conocimientos y ser tan paciente conmigo.

- A mi padre, Carlos, por ser una fuente de aprendizaje y apoyo con el cual no hubiera tenido el tiempo para poder continuar con esta investigación.

- A Lula, Dani, Susy y Anita, por cada palabra de aliento, cada corrección y cada sonrisa, por ayudarme a no rendirme y acompañarme a hacer las observaciones en campo. Ustedes creyeron en mí cuando yo no lo hacía.

- A Karol, Carito, Ceci y Paty, por su amistad.

- Al Dr. Antonio Valencia por siempre escucharme y aconsejarme con una sonrisa.

- A Alexandra Elbakyan, por promover el conocimiento libre y gratuito. Su proyecto es una enorme inspiración y una herramienta indiscutiblemente valiosa.

- A la carrera por enamorarme una y otra vez de las plantas medicinales, por verme crecer y hacerme sentir no solo orgullo, sino hacerme llamar Horticultor Ambiental.

B. AGRADECIMIENTOS

- Gracias a la Universidad Autónoma de Querétaro, enfatizando en la Carrera en Horticultura Ambiental por permitirme desarrollarme, tanto como estudiante, como persona y como ser humano.

- Gracias a la Doctora Fabiola Magallán por su apoyo, tanto económico como sus enseñanzas y consejos, sin ella no hubiera sido posible completar esta investigación.

- Al Doctor Antonio Valencia, por su tutoría y acompañamiento.

- A mi consejo sinodal por sus aportaciones y consejos, por estar presentes en todo lo que necesité.

- A mis compañeros del laboratorio de Horticultura, siempre estando presentes en cada experimento, por aligerar los momentos más desgastantes de esta investigación y por brindarme un espacio donde trabajar.

- Al laboratorio de la Doctora Cardador en el Tec de Monterrey por sus aportaciones, por prestarme y enseñarme a usar el equipo para la experimentación.

- A mis informantes en Medicina Tradicional, tanto en Amealco como en San Joaquín, que me recibieron con una sonrisa y con su sabiduría milenaria, abiertos a platicar y compartir este conocimiento conmigo.

- A mis profesores de la carrera por sus enseñanzas.

- A todos los que me apoyaron a concluir esta etapa, que de una u otra manera me ayudaron a completar este proceso.

C. ÍNDICE

1. RESUMEN 1

2. OVERVIEW 2

3. INTRODUCCIÓN 3

4. MARCO TEÓRICO 6

4.1. Medicina Tradicional (MT) 6

4.2. Metabolitos secundarios 8

4.3. Aceites esenciales (AE) 10

4.4. Métodos de Extracción de Aceites Esenciales 10

5. ESPECIE DE ESTUDIO 12

5.1. Taxonomía y Morfología 12

5.2. Distribución y Hábitat 13

5.3. Ecología 15

6. ANTECEDENTES 16

6.1. Fitorremediación 16

6.2. Propagación y Cultivo 16

6.3. Usos Medicinales y Tradicionales 17

6.4. Estudios Fitoquímicos 19

6.5. Bioactividad 20

7. HIPÓTESIS 21

8. OBJETIVOS 22

8.1. Objetivo General 22

8.2. Objetivos Particulares **22**

9. METODOLOGÍA 23

9.1. Área de estudio **23**

9.2. Área de estudio **25**

10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 30

11.1. Distribución Actualizada **30**

11.2. Afinidades Ambientales e Interacciones Ecológicas **37**
11.2.1. Afinidades Ambientales 37
11.2.2. Interacciones Ecológicas 44

11.3. Usos en Medicina Tradicional **49**
11.3.1. Amealco 49
11.3.2. San Joaquín 50

11.4. Fenología **55**

11.5. Aceites Esenciales **58**
11.5.1. Estandarización de la Extracción del Aceite Esencial de *Dalea lutea* var. *lutea* 58
11.5.2. Extracción de Aceite Esencial 59
11.5.3. Determinación de Metabolitos Secundarios 64

11.6. Discusión general **77**

11. CONCLUSIONES 79

12. LITERATURA CITADA 82

D. ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Variedades de *Dalea lutea* según la flora del bajío…….14

Cuadro 2. Distribución y usos medicinales y tradicionales del género *Dalea*…….18

Cuadro 3. Algunos Metabolitos Secundarios del género *Dalea*…….19

Cuadro 4. Climograma de Loma de Guadalupe, San Joaquín, Querétaro de 1970 a 2017…….25

Cuadro 5. Distribución de variedades de *Dalea lutea* …….35

Cuadro 6. Registro visual de especies asociada a *Dalea lutea* var. *lutea*…….44

Cuadro 7. Entrevistas hechas sobre la especie…….51

Cuadro 8. promedio e intervalo de pruebas de extracción de aceite esencial. ……59

Cuadro 9. Rendimiento de Aceites Esenciales de algunas especies de importancia económica…….63

Cuadro 10. Compuestos encontrados en los aceites esenciales de *Dalea lutea* var. *lutea* por medio de cromatografía de gases por temporada…….65

Cuadro 11 Bioactividad y usos importantes de los diferentes compuestos encontrados en *Dalea lutea* var. *lutea* de acuerdo con tres bibliotecas de datos…….69

E. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de descripción del área de estudio……..23

Figura 2. Climograma de Loma de Guadalupe, San Joaquín, Querétaro de 1970 a 2017……24

Figura 3. Formato de entrevista……27

Figura 4. Mapa de distribución actualizado de *Dalea lutea* sin variedades asociadas……30

Figura 5. Mapa de distribución por estados *Dalea lutea* sin variedades asociadas……31

Figura 6. Mapa de distribución de *Dalea lutea* sin variedades asociadas dentro de las provincias biogeográficas……32

Figura 7. Mapa de distribución por estados de *Dalea lutea* var. *lutea*……33

Figura 8. Mapa de distribución de Dalea lutea var. lutea dentro de las provincias biogeográficas……34

Figura 9. Mapa de afinidad de *Dalea lutea* var. *lutea*……34

Figura 10. Mapa hipsométrico de *Dalea lutea* sin variedades asociadas……37

Figura 11. Mapa de uso de suelo y vegetación de *Dalea lutea* sin variedades asociadas……38

Figura 12. Mapa hipsométrico de *Dalea lutea* var. *lutea*……39

Figura 13. Mapa de uso de suelo y vegetación asociado a *Dalea lutea* var. *lutea*……39

Figura 14. Mapa de humedad de *Dalea lutea* var. *lutea*……40

Figura 15. Mapa de promedio anual de temperaturas asociadas a *Dalea lutea* var. *lutea*……40

Figura 16. Mapa de precipitación total anual asociado a *Dalea lutea* var. *lutea*……41

Figura 17. Mapa de evapotranspiración real asociado a *Dalea lutea* var. *lutea*……42

Figura 18. Mapa de tipo de suelo asociado a *Dalea lutea* var. *lutea*……42

Figura 19. Registro fotográfico de especies asociada a *Dalea lutea* var. *lutea* ……45

Figura 20. mapa de ubicación de Tierra Cliente, san joaquín de acuerdo con mapas de temperatura y altitud ……53

Figura 21. Fenología de 12 individuos de *Dalea lutea* var. *lutea* de septiembre del 2024 a junio del 2025……55

Figura 22. Fenología considerando la predominancia de cada fenofase……55

Figura 23. Precipitación calculada (mm) en la zona de muestreo de 2015 a 2024 obtenido del conjunto de datos CHIRPS mediante la plataforma Google Earth……57

Figura 24. Resultados de la estandarización del aceite esencial en ml por unidad de tiempo (min)……58

Figura 25. Extracción de Aceite Esencial en ml por unidad de tiempo (min) en verano……59

Figura 26. Extracción de Aceite Esencial en ml por unidad de tiempo (min) en invierno……60

Figura 27. Extracción de Aceite Esencial en ml por unidad de tiempo (min) en primavera……60

Figura 28. Extracción de Aceite Esencial promedio por temporada en ml por unidad de tiempo (min)……61

Figura 29. Rendimiento del Aceite Esencial por estación del año……61

1. RESUMEN

Dalea lutea (Cav.) Willd. var. *lutea* (Fabaceae: Papilionoideae) es una planta perenne ampliamente distribuida en México, caracterizada por presentar glándulas secretoras de Aceites Esenciales (AE). Se emplea tradicionalmente para tratar afecciones renales, respiratorias y tumores. Sin embargo, existen pocos estudios que diferencien sus variedades o analicen su composición química. El objetivo de este trabajo fue documentar las afinidades ecológicas, sus usos tradicionales y el rendimiento del AE de *D. lutea* var. *lutea* en distintas estaciones del año, con la hipótesis de que su contenido sería mayor en primavera por el estrés abiótico causado por el aumento de temperatura y radiación solar. El estudio se realizó en Loma de Guadalupe, San Joaquín, Querétaro. Se elaboró una base de datos geográfica en QGIS para definir su distribución y afinidades ambientales, se efectuaron observaciones de campo y entrevistas en comunidades de San Joaquín y Amealco. Se evaluaron fenofases. Se determinó el rendimiento de AE mediante hidrodestilación (HD). La composición química se analizó por Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC:MS). La especie mostró una amplia distribución y tendencia a zonas perturbadas y bosques mixtos, con interacción relevante con *Apis mellifera*, *Pilostyles thurberi* y *Pachybrachis* sp. Tradicionalmente, en el estado de Querétaro, se utiliza como relajante, antifebril y en padecimientos respiratorios y veterinarios. Fenológicamente florece en invierno, fructifica en primavera y germina en época de lluvias. El rendimiento promedio de AE fue de 0.33% (0.19–0.62%) v/v sin diferencias significativas entre estaciones. La hipótesis no se confirmó por el tamaño de muestra limitado. Los análisis cualitativos indican que el AE posee compuestos con propiedades antimicrobianas, anticancerígenas, antiinflamatorias y antioxidantes, respaldando sus usos tradicionales y su potencial farmacéutico.

***Palabras clave: Dalea lutea,* Hidrodestilación, fenología, usos tradicionales, hábitat, fitoquímica.**

2. OVERVIEW

Dalea lutea var. *lutea* (Cav.) Willd. (Fabaceae: Papilionoideae) is a perennial plant widely distributed in Mexico, characterized by present essential oil (EO) secretory glands. It is traditionally used to treat kidney and respiratory diseases, as well as tumors. However, few studies distinguish between its varieties or analyze its chemical composition. The aim of this study was to document the ecological affinities, traditional uses and EO yield of *D. lutea* var. *lutea* across different seasons of the year, undier the hypothesis that its content would be higher in spring due to abiotic stress causes by incresed temperature and solar radiation. The study was conducted in Loma de Guadalupe, San Joaquin, Queretaro. A geographic database was created in QGIS to define its distribution and environmental affinities; field observations and interviews were carried out in communities of San Joaquin and Amealco. Phenophases were evaluated. The yield of Essential oils (EO) was determined by hydrodistillation (HD). The chemical composition was analyzed by Gas Chromatography coupled with Mass Spectrometry (GC-MS). The especies showed a wide distribution and a tendency toward disturbed areas and mixed forests, with notable interaction with *Apis mellifera, Pilostyles thurberi,* and *Pachybrachis* sp. Traditionally, in the state of Queretaro, it is used as a relaxant antipyretic, and for respiratory and veterinary diseases. Phenologically, it flowers in winter, fructifies in spring, and germinate during the rainy season. The average EO yield was 0.33 (0.19-0.62%) v/v, with no significant differences between season. The hypothesis was not confirmed due to the limited sample size. Qualitative analyses indicate that the EO contains compounds with antimicrobial, anticancer, anti-inflammatory and antioxidant properties, supporting its traditional uses and pharmaceutical potential.

Key words: Dalea lutea, Hydrodistillation, phenology, traditional uses, habitat, phytochemistry.

3. INTRODUCCIÓN

México es considerado uno de los 17 países megadiversos en el mundo, tanto por su diversidad biológica (Morrone, 2019) como por la riqueza biocultural entre las comunidades con su flora nativa (Calvo-Irabien, 2018). Se han registrado más de 4,000 especies vegetales con algún uso medicinal (Lara et al., 2019), reflejando la importancia de la Medicina Tradicional Mexicana como patrimonio biocultural. Sin embargo, este conocimiento presenta una pérdida acelerada en la transmisión de los saberes es de forma oral (Molina-Mendoza et al., 2012), la migración del campo a las ciudades, el cambio de uso de suelo (Hernández, 2022) y el desplazamiento por la medicina alópata (Lara et al., 2019). Estas condiciones amenazan la conservación de los ecosistemas y del conocimiento ancestral. Actualmente, aproximadamente, solo el 5% de las especies vegetales medicinales en nuestro país, cuentan con estudios que incluyan su composición química, aval farmacológico o análisis ecológico, agronómico y de manejo (Lara et al., 2019; Ocegueda et al., 2005), lo que limita el aprovechamiento sustentable y la posibilidad de desarrollar alternativas medicinales e industriales seguras y de calidad basadas en estos recursos nativos (Hernández, 2022).

Entre estas especies con potencial aún poco explorado, se encuentra *Dalea lutea* (Cav.) Willd. var. *lutea,* conocida comúnmente como “escobilla amarilla” o “limoncillo” (Rzedowski et al., 2016; Saldívar-Iglesias et al., 2006). Esta especie, perteneciente a la familia Fabaceae (subfamilia Papilionoideae), se distribuye de forma generalista desde el norte de México hasta Centroamérica (Rzedowski et al., 2016), con registros confirmados en 19 estados del país, incluidos: Querétaro, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León y Chihuahua (Villaseñor, 2016). En el estado de Querétaro se ha registrado en los municipios de Colón, Tolimán, Amealco, Cadereyta de Montes, San Joaquín, entre otros (Rzedowski et al., 2016), donde forma parte de matorrales, pastizales, bosques de encino y bosques mixtos

(Saldívar-Iglesias et al., 2012), evidenciando la plasticidad ecológica y relevancia en nuestro país.

Poco se conocía sobre la ecología y la relación de *Dalea lutea* var. *lutea* con otras especies. Sin embargo, se ha documentado que el género *Dalea* tiene potencial en la recuperación de suelos erosionados (Cóndor, 2014) y propiedades en la fitorremediación (Melgoza-Castillo et al., 2007; Sánchez-López et al., 2017). Por otra parte, al ser leguminosa tiene potencial para ser cultivada debido a la fijación de nitrógeno en el suelo (Campos-González, 1991), propiedad demostrada en especies del género *Dalea* como *D. leporina* o *D. bicolor* (Campos-González, 1991; Martinez-Burciaga et al., 2011).

Al igual que todas las especies del género *Dalea*, esta especie posee glándulas secretoras de Aceites Esenciales (Rzedowski et al., 2016), constituyéndose como un rasgo importante desde el punto de vista biotecnológico (García, 2004). Estos Metabolitos, confieren a las plantas tanto de propiedades ecosistémicas (Petinatii-Pavarini et al., 2012) como medicinales, debido a su efecto antimicrobiano y antioxidante (Vásquez-Montes et al., 2020). Antes del presente estudio, *D. lutea* var. *lutea,* tenía información científica muy limitada con respecto a estos usos medicinales, fitoquímicos y de bioactividad (Hastings, 1990; Peralta et al., 2019). Estudios previos han registrado la presencia de diferentes Metabolitos Secundarios en el género *Dalea* incluyendo terpenos, flavonoides y compuestos fenólicos con propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias y para diferentes enfermedades, sobre todo, respiratorias (Benites et al., 2016; Morales-Ubaldo et al., 2022; Peralta et al., 2019). Además, se documentó el uso tradicional de *Dalea lutea* var. *lutea* para el tratamiento de enfermedades respiratorias, renales y como antitumoral (Consulta del herbario QMEX, 2023; Hastings, 1990), por lo cual se considera imprescindible la investigación de los Metabolitos Secundarios presentes en la especie y conocer la importancia de este recurso en nuestro país y nuestro estado como un potencial recurso en diferentes industrias.

El presente estudio integra el enfoque ecológico, etnobotánico y fitoquímico de *Dalea lutea* var. *lutea* en el estado de Querétaro, haciendo énfasis en la importancia de generar información específicamente de la variedad *lutea*. Por lo que este trabajo tiene como fin darle un valor social, ecológico y cultural, así como rescatar el conocimiento tradicional aún vigente y aportar evidencia química a sus usos etnobotánicos. La información fitoquímica permitirá valorar a la variedad con posibles aplicaciones en la industria farmacéutica, agrícola y cosmética con el fin de aportar a la validación científica y uso y preservación de los recursos etnomedicinales de nuestro país.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Medicina Tradicional (MT)

Las plantas son un recurso necesario para la existencia del hombre (Molina-Mendoza et al., 2012). Desde épocas ancestrales, las especies vegetales han sido de gran relevancia (Hernández, 2022) debido a la necesidad del ser humano por prevenir y curar enfermedades (Más et al., 2017; Ruíz & Mejía, 2020) y son de vital importancia alrededor del mundo (Figuera-Chacín et al., 2013). A este conjunto de conocimientos que han sido resultado de la observación y experimentación, que se han acumulado a lo largo del tiempo y que han pasado de generación en generación principalmente de forma oral se les denomina Medicina Tradicional (MT) (Molina-Mendoza et al., 2012). Actualmente, el 80% de la población mundial usa medicina tradicional (Hernández, 2022), al ser considerado un recurso de bajo costo y accesibilidad, así como con un arraigo sociocultural importante (Molina-Mendoza et al., 2012). La Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoce e identifica más de 119 sustancias de más de 60 grupos de plantas usadas en huertas y comunidades de forma tradicional alrededor del mundo (Más et al., 2017). Con el estudio de la MT se busca mejorar y ampliar su práctica, brindando una atención integral y eficiente (Umaña, 2018), sobre todo en comunidades donde esta, es la única fuente de s(Masarovičová & Kráľová, 2007)den acceder (Masarovičová & Kráľová, 2007). Este conocimiento se ve amenazado debido a la falta de documentación debido a su transmisión oral (Molina-Mendoza et al., 2012), por la migración a las ciudades, el desplazamiento por la medicina moderna (Lara et al., 2019), la sobreexplotación de los recursos, el cambio de uso de suelo, la falta de estudios de fenología o propagación (Hernández, 2022), deteriorando a las comunidades vegetales y los saberes tradicionales (Molina, 2018). La Organización Mundial de la Salud (2013), señala la necesidad de brindar una MT que brinde calidad, seguridad, y promueva la conservación de las especies (Hernández, 2022).

En nuestro país se distribuyen aproximadamente 23,314 plantas vasculares (Villaseñor, 2016), de las cuales 4,000 tienen un uso medicinal (Lara et al., 2019), pero solo el 5% tienen estudios que justifiquen su uso, eficiencia, inocuidad, documenten la toxicidad y/o caractericen a las especies más allá de una descripción morfológica o del hábitat (Lara et al., 2019; Ocegueda et al., 2005). El 85% de las plantas medicinales son recolectadas de forma silvestre (Gonzalez-Stuart & Rivera, 2006).

En este contexto, la importancia de generar estudios sobre MT tiene dos enfoques principales: por un lado, caracterizar y validar las propiedades curativas y terapéuticas de las plantas, por el otro, su aplicación en la industria (Molina-Mendoza et al., 2012; Ruíz & Mejía, 2020). Estas áreas no están aisladas; para que una especie pueda ser utilizada en la industria, es importante documentar los usos tradicionales y su justificación a partir de estudios fitoquímicos (Magallán-Hernández et al., 2023), la morfología, la ecología, el manejo y la relación humano-planta (Molina-Mendoza et al., 2012).

El interés por las plantas medicinales y su uso como alternativa de la medicina alópata está en aumento (Castro-Alayo et al., 2019; Fejér et al., 2018). Representan una alta importancia para la industria farmacéutica, alimenticia, perfumería, agroquímica y cosmética (Li et al., 2020). Se estima que el 25% de los fármacos derivan directa o indirectamente de las plantas (Fowler, 2006). Al tener tantas especies vegetales medicinales en nuestro país, se considera imprescindible el estudiar y preservar estas especies y la MT. Muchas plantas medicinales mexicanas son utilizadas en todo el mundo (Umaña, 2018); México exporta plantas a Europa para estas industrias (Magallán-Hernández et al., 2023; Umaña, 2018), pero aun así hay muchas más que tienen un potencial aún desconocido.

4.2. Metabolitos secundarios

Se define el metabolismo como el proceso químico realizado por los seres vivos con el fin de sintetizar sustancias complejas a partir de sustancias simples y viceversa para convertir o utilizar la ene(Ávalos-García & Pérez-Urria, 2009)urales (Ávalos-García & Pérez-Urria, 2009). Las plantas presentan dos tipos de metabolitos: 1) metabolitos primarios, que se consideran necesarios para que las plantas cumplan sus funciones básicas, las cuáles son: procesos fotosintéticos, asimilación de nutrientes, respiración, transporte de solutos o síntesis de macromoléculas, y 2) metabolitos secundarios (MS), que se refieren a aquellos compuestos que aumentan la posibilidad de supervivencia, conservación e interacción con otros organismos (Petinatii-Pavarini et al., 2012; Vásquez-Montes et al., 2020). Los MS tienen funciones como la protección ante ambientes estresantes, la comunicación planta-planta, la defensa contra depredadores, atracción de polinizadores (Vásquez-Montes et al., 2020) y de dispersores. Tienen función como antimicrobianos y repelentes de insectos o herbívoros, además de generar alelopatía y fijar nitrógeno (García, 2004). Los MS se presentan en pequeñas cantidades y no de forma generalizada (Ruíz & Mejía, 2020), además de estar restringidas en algunos casos a especies, géneros o familias específicas (Ávalos-García & Pérez-Urria, 2009), siendo considerados como marcadores taxonómicos de algunos grupos (García, 2004). Los MS se generan en ciertas estructuras, como flores, tallos, hojas, raíces, entre otros; producidos a partir de factores internos como la genética y externo como el ambiente (Petinatii-Pavarini et al., 2012).

La producción de los MS tiene una relación directa con el ambiente (Li et al., 2020). El estrés, ya sea hídrico, climático, químico, mecánico, de salinidad, o por la interacción con otra especie (Molina, 2018) genera una mayor producción de MS. Diversos estudios han probado el aumento de concentración de los compuestos activos de las plantas a través de la inducción de diferentes tipos de estrés (Li et al., 2020; Molina, 2018; Molina-Mendoza et al., 2012; Romero-Manzanares et al., 1991).

Los MS han demostrado ser de importancia ecológica, además de que proveen de usos medicinales a las plantas (Li et al., 2020).

Los MS se agrupan en cuatro grupos de acuerdo con su ruta metabólica, las cuales son terpenos, compuestos fenólicos, glicósidos y alcaloides.

Los terpenos son el grupo más numeroso, constituido por más de 40,000 moléculas diferentes que suelen ser solubles en agua, y derivan de la unión de moléculas de isopropeno (5 átomos de carbono) sintetizados a partir de la ruta del ácido meva(de Groot & Schmidt, 2016)l fosfato (MEP) (de Groot & Schmidt, 2016). Son líquidos menos densos que el agua, pero más viscosos, con una gama de color de amarillo a transparente, son inflamables e inocuos; además de sufrir degradación química en presencia de luz solar, calor o aire. También son inestables fotoquímicamente (Cerpa-Chávez, 2007). Entre los terpenos se encuentran las hormonas, los pigmentos carotenoides, los esteroles y el látex. Por otro lado, los compuestos fenólicos son aquellos que, como lo indica su nombre, contienen un grupo fenol (anillo aromático de hidroxilo) y se sintetizan a través de la ruta del ácido shikímico o del ácido malónico, perteneciendo a este grupo están compuestos como taninos, lignina, flavonoides, cumarinas y antocianinas (responsables mayoritariamente de los colores de flores y frutos). Los glicósidos se caracterizan por la presencia de un enlace glicosídico (cualquier molécula unida a una azúcar). En este grupo, se encuentran las saponinas, los glicósidos cardiacos, cianogénicos y glucosinolatos. El último de estos cuatro grupos son los alcaloides, que constituyen más de 15,000 metabolitos distintos, soluble en agua, con al menos un átomo de nitróge(Ávalos-García & Pérez-Urria, 2009)lógica (Ávalos-García & Pérez-Urria, 2009).

4.3. Aceites esenciales (AE)

Los Aceites esenciales (AE) son mezclas complejas de compuestos volátiles producidos por las plantas o sus partes (Mena et al., 2020), mayoritariamente formado por terpenos. Un solo AE tiene hasta 400 moléculas diferentes que pueden ser identificadas (De Groot & Schmidt, 2016), y que proporcionan de un sabor y olor característico a las plantas (Li et al., 2020). (Darío & Barajas-Solano, 2015)lo o flores (Darío & Barajas-Solano, 2015) y están compuestos por mezclas de hidrocarburos, compuestos oxigenados y residuos no volátiles (Torrenegra et al., 2015).

Si bien, los estudios sobre los metabolitos sec(Valdés & Balbín, 2000) iniciaron en 1960 (Valdés & Balbín, 2000) el interés por estudiar los compuestos activos de las plantas está en auge (Castro-Alayo et al., 2019) debido a que desde siempre han sido utilizados por sus propiedades medicinales (Figuera-Chacín et al., 2013); siendo muchas plantas como el limón (Citrus *x limon)*, la menta (*Mentha x piperita)*, o el romero (*Salvia rosmarinus)*, ejemplos claros de los usos de los aceites esenciales de las plantas. Estos AE se producen en pequeñas cantidades (Ruíz & Mejía, 2020), por lo que se hace uso de diferentes métodos de extracción que aprovechen su volatibilidad (Darío & Barajas-Solano, 2015).

4.4. Métodos de Extracción de Aceites Esenciales

Entre los métodos de extracción más usados de AE se encuentra la hidrodestilación (HD) y la destilación por arrastre de vapor de agua, la extracción-destilación simultanea (SDE) la destilación con solvente (DES) el Head-space (HS), la extracción asistida por ultrasonido, la extracción acelerada por solventes, la destilación con fluidos supercríticos (FSC) y la destilación asistida por microondas (MWHD) (Díaz-Maroto & Pérez-Coello, 2006; Rojas Olivos, 2009; Torrenegra et al., 2015). La existencia de diferentes métodos de extracción radica en su dependencia

a la composición química, ya que algunos métodos favorecen la volatilidad y solubilidad de los AE (Rojas Olivos, 2009).

La destilación por arrastre de vapor e hidrodestilación son los métodos más utilizados, pero requieren gran cantidad de materia orgánica, además de que, al trabajar con compuestos volátiles, estos pueden degradarse. Por otra parte, no hay un rendimiento exacto o calidad permanente de los aceites obtenidos, dando cierta problemática en la industria, sobre todo farmacológica, al no tener siempre la homogeneidad deseada (Cerpa-Chávez, 2007; Darío & Barajas-Solano, 2015; Díaz-Maroto & Pérez-Coello, 2006). Por eso, la propuesta y los nuevos avances van dirigidos a nuevas y mejores formas de extracción, que promueven un mejor aceite esencial en el proceso, reduciendo costos, tiempos y dando mayor calidad y uniformidad a los compuestos activos obtenidos (Torrenegra et al., 2015). La extracción de fluidos supercríticos, la micro extracción en fase sólida (SPME) o la destilación asistida por microondas (MWHD) son ejemplos de métodos de extracción que han comprobado mayor efectividad y beneficios al ambiente (Darío & Barajas-Solano, 2015).

5. ESPECIE DE ESTUDIO

5.1. Taxonomía y Morfología

Dalea lutea pertenece a la Familia Fabaceae (Leguminoseae). Esta familia consta de 6 subfamilias (LPWG, 2017), 766 géneros y 19,580 especies distribuidas en zonas cercanas a los trópicos (Piñeros-U & González, 2020). Dentro de la subfamilia Papilionoideae (antes Faboideae) hay 13,800 especies en 475 géneros, siendo uno de los más importantes de la subfamilia, *Dalea,* comprendido por 172 especies de distribución exclusiva en el continente americano (Piñeros-U & González, 2020).

El género *Dalea* fue descrito por Linneo (Piñeros-U & González, 2020); el cual se distingue por su hábito herbáceo o arbustivo, con glándulas secretoras de aceites aromáticos, hojas pinnadas en general imparipinnadas, generalmente glanduloso-punteadas en los tallos, hojas y flores. Presentan estípulas angostas subglandulares o herbáceas (Rzedowski et al., 2016), flores en forma de quilla y terminales, conformada por cinco pétalos sésiles agrupados en espigas densas o racimos moderadamente laxos (Cuevas-Ríos, 2020), con el estandarte de diferente color con respecto a los demás pétalos y diferente tamaño respecto a la quilla, con alas a veces ausente y androceo de 9 o 10 estambres, cinco de los cuales son funcionales (Piñeros-Urrego, 2018). *Dalea lutea* (Cav.) Wild. Es una planta herbácea perenne de 1 a 4 m de altura, ligeramente pubescente, con tallo pubérulo o piloso, presenta estípulas persistentes y pubescentes (Rzedowski et al., 2016), hojas compuestas e inflorescencia terminal en forma de espiga o racimos, cilíndricos de 1.5 a 18 cm de largo y de 8 a 12 mm de diámetro, brácteas ovadas o lanceoladas glabras y persistentes hasta la madurez del fruto, cáliz turbinado o acampanado, pétalos amarillos, con quilla de 6.5 a 12 mm, 10 estambres, fruto triangular u ovado

de 2.4 a 3.1 mm de largo, piloso, una sola semilla por fruto de 1.6 a 2.1 mm de largo (Rzedowski et al., 2016; Saldívar-Iglesias et al., 2012).

5.2. Distribución y Hábitat

El género *Dalea* es el más importante de la subfamilia Papilionoideae. De las 172 especies que lo comprenden (Piñeros-U & González, 2020), 146 son registradas en el país y 91 son endémicas (Cuevas-Ríos, 2020; Petinatii-Pavarini et al., 2012), distribuidas mayoritariamente en bosques y matorrales secos (Piñeros-U & González, 2020). Su distribución se relaciona con zonas áridas, siendo principalmente encontradas en zonas del Altiplano Mexicano (Rzedowski et al., 2016). En la zona del bajío se reconocen 35 especies (Rzedowski et al., 2016).

Dalea lutea se distribuye de forma polimorfa desde el norte de México hasta Honduras (Rzedowski et al., 2016). Se ha documentado a la especie en los estados de Aguascalientes, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Ciudad de México, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas (Villaseñor, 2016). Entre los nombres dados a la especie está escoba, escobilla amarilla, limoncillo, anicillo, escobita de ramón y ramón (Rzedowski et al., 2016). La especie es representada por 4 variedades (Cuadro 1).

Variedad	Caracteres diagnósticos específicos	Distribución por estados	Distribución en Querétaro	Tipo de vegetación
Dalea lutea var. *arsenei*	Quilla de 7.5 a 8.5 mm de largo, 19 a 31 foliolos, tallos glabros	Mich.*, Gue.	No se distribuye en el estado	En bosques templados a 1950 m.s.n.m. Microendémica al norte de Mich. y la Sierra Madre del Sur de Guerrero. Posiblemente vulnerable.
Dalea lutea var. *gigantea*	Quilla de 4.5 a 6 mm, planta de 4 m de alto, estípulas de 2.5 a 8 mm de largo, fruto obovado	Distribución Disyunta. CDMX, Chis., Jal., Mich.*, Méx. Distribuída también en Centroamérica	No se distribuye en el estado	Bosque tropical caducifolio a alturas de 2000 a 2100 m.s.n.m.
Dalea lutea var. l*ongispica*	Quilla de 7.5 a 8.5 mm, tallos densamente vilosos, 13 a 25 foliolos	N.L., Gto.*, Qro.*, Mich.	Arroyo Seco, Jalpan de Serra, Landa de Matamoros, Pinal de Amoles	Encinares húmedos, bosques mesófilos de montaña entre 800 a 2600 m.s.n.m.
Dalea lutea var. *lutea*	Quilla de 4.5 a 6 mm, estípulas de 1 a 3 mm de largo, fruto triangular	CDMX, Coah., N.L., Tamps.,Dgo., Zac., Ags., S.L.P., Gto.*, Qro.*, Hgo., Jal., Mich.*, Mex., Pue.	Landa de Matamoros, Pinal de Amoles, San Joaquín, Querétaro, El Marqués, Colón, Tolimán, Cadereyta de Montes, Ezequiel Montes, San Juan del Río.	Matorral xerófilo, pastizales y encinares entre 1200 y 2750 m.s.n.m. además Saldívar-Iglesias et al. (2012) menciona su presencia en bosques templados.

Cuadro 1. Variedades de Dalea lutea según la flora del bajío (Rzedowski et al., 2016).

***Los asteriscos representan la presencia de ejemplares de herbario.**

5.3. Ecología

El género se encuentra principalmente adaptado a zonas de poca precipitación, altas temperaturas y suelos degradados (Piñeros-U & González, 2020). *Dalea lutea*, sin embargo, se encuentra distribuida desde matorrales y pastizales hasta bosques mesófilos de montaña (Rzedowski et al., 2016; Saldívar-Iglesias et al., 2012). Las dos variedades presentes en el estado de Querétaro no presentan problemas de supervivencia, germinando entre primavera-verano y proveyendo de semillas entre junio y noviembre en bosques de pino-encino y pino, y de febrero a noviembre en matorral inducido (Rzedowski et al., 2016; Saldívar-Iglesias et al., 2006, 2012), sin embargo, existe diferencia en el reclutamiento de plántulas y establecimiento entre matorrales y bosques mixtos. En bosques mixtos, la competencia con otras especies por recursos afecta la supervivencia en años posteriores al establecimiento de la especie, mientras que, en pastizales inducidos, el estrés por ramoneo permite la presencia de plántulas nuevas y se ve el aumento de individuos que llegan a la etapa adulta (Saldívar-Iglesias et al., 2012).

6. ANTECEDENTES

Los estudios del género *Dalea* han mostrado que sus especies presentan MS con actividad similar y diferentes usos, sin embargo, existen pocos estudios específicos para *Dalea lutea.*

6.1. Fitorremediación

Algunas especies del género *Dalea* han sido estudiadas desde un enfoque de fitorremediación y conservación del suelo. Aunque *D. lutea* no presente estudios, la morfología de las raíces de *D. hospes* han demostrado evitar el deslizamiento (Fernández-Villarreal et al., 2022), *D. corulea* se ha usado para recuperar suelos erosionados (Cóndor, 2014), mientras los experimentos con *D. bicolor* han demostrado absorber los metales pesados del suelo y la salinidad (Barrios Arlanzón et al., 2019; Melgoza-Castillo et al., 2007; Sánchez-López et al., 2017).

6.2. Propagación y Cultivo

Las leguminosas silvestres tienen importancia en cultivo debido a la fijación de nitrógeno y protección del suelo (Campos-González, 1991). De forma tradicional, *D. lutea*, al igual que otras especies del género, presentan uso como forrajera y para pastoreo (Rzedowski et al., 2016), sin embargo, solo *D. leporina* y *D. bicolor* han sido propuestas como alternativa de producción y cultivo (Campos-González, 1991; Martinez-Burciaga et al., 2011). El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) publicó el paquete tecnológico de *D. bicolor* con fines forrajeros o apícolas, debido a su rápido crecimiento y valor nutricional comparable con la alfalfa, además de una producción de 5000 kg/Ha y un periodo

productivo mayor a 10 años (Villanueva-Díaz & Hernández-Reyna, 2001). El ramoneo permite no solo la producción y escarificación natural de la semilla (Villanueva-Díaz & Hernández-Reyna, 2001) sino además una producción mayor de biomasa (Jiménez-Moreno, 2008) y de metabolitos secundarios (Romero-Manzanares et al., 1991).

6.3. Usos Medicinales y Tradicionales

Dalea lutea es usada tradicionalmente en Michoacán y Guanajuato para elaborar escobas (Rzedowski et al., 2016). En la zona templada del Estado de México para elaborar cestería entrelazándola con *Viburnum elantum* Benth. y *Taxodium mucronatum* Ten. (Saldívar-Iglesias et al., 2006), la cual se recolecta en verano en pastizales inducidas, zonas donde presenta un aumento de biomasa, progenie y olor debido al ramoneo (Saldívar-Iglesias et al., 2012).

El uso medicinal de *D. lutea* no se encuentra en el Atlas de la Medicina Tradicional Mexicana (Argueta et al., 1994) ni en revisiones sobre plantas medicinales, sin embargo, se encontró varios usos tradicionales haciendo una revisión de ejemplarios en el herbario Jerzy Rzendowski de la Universidad Autónoma de Querétaro (Consulta del herbario QMEX, 2023), lo cual, coincide con los usos medicinales y tradicionales documentados para otras especies del género *Dalea* (Cuadro 2) debido a que comparten, como carácter diagnóstico, glándulas secretoras de aceites esenciales (Cerpa-Chávez, 2007).

Nombre científico	Distribución de la especie	Uso tradicional o medicinal	Bibliografía
D. bicolor	México y Estados Unidos	Trastornos digestivos, vómito y diarrea	(Martinez-Burciaga et al., 2011; Morales-Ubaldo et al., 2022)
D. carthagenesis	México, Centroamérica, Colombia y norte de Sudamérica	Problemas dermatológicos, reumas, aliviar heridas causadas por animales venenosos	(Hastings, 1990; Peralta et al., 2019)
D. compacta	México y estados Unidos	Dolor de estómago y empacho	(Hastings, 1990)
D. corulea	Colombia, Ecuador y Perú	Tos y problemas respiratorios, antitumoral, antiinflamatoria, indigestión, dolor reumático, picazón y eczemas, limpia la sangre y expectorante	(Cóndor, 2014; de la Cruz & Ulloa, 2020; Hastings, 1990)
D. elegans	Argentina y Bolivia	Inhibidor de tirosinasa	(Peralta et al., 2019)
D. emoryi	México y Estados Unidos	Tintorea	(Peralta et al., 2019)
D. filiciformis	México	Antihipertensivo	(Peralta et al., 2019)
D. formosa	México, Estados Unidos	Catártico, emético, analgésico, fortalecedor del sistema inmune y para enfermedades respiratorias	(Peralta et al., 2019)
D. leporina	México, Estados Unidos, Centroamérica y Sudamérica	Tumores	(Hastings, 1990)
D. lutea	**México, Centroamérica y Estados Unidos**	**Padecimiento riñones y enfermedades respiratorias, tumores**	(Consulta del herbario QMEX, 2023; Hastings, 1990)
D. minutifolia	*México*	*Tos*	(Molina-Mendoza et al., 2012)
D. mollis	*México y Estados Unidos*	*Para inflamaciones*	(Hastings, 1990)
D. pazensis	*Perú*	*Inhibidor de tirosinasa, para golpes e infecciones*	(Castañeda et al., 2017; Peralta et al., 2019)

D. scandens	*Estados Unidos, las Antillas, México*	*Fiebre, edema y para anemia, antitumoral*	(Hastings, 1990; Rosado et al., 1997)
D. strobilaceae	*Perú*	*Reducir espasmos gastrointestinales y desórdenes digestivos*	(Benites et al., 2016; Hastings, 1990; Peralta et al., 2019)

Cuadro 2. Distribución y usos medicinales y tradicionales del género Dalea. (extraído de Naturalista, s.f.; Rzedowski et al., 2016).

6.4. Estudios Fitoquímicos

No se encontraron estudios de *Dalea lutea,* sin embargo, se encontraron varias especies del género con MS y estudios fitoquímicos (Cuadro 3).

Nombre científico	Caracterización de MS	Cita
D. strobilaceae	*β-felandreno, α-pineno,limoneno y ŏ-cadineno*	*(Benites et al., 2016)*
D. bicolor	*3-caroteno, limoneno, ocimento y β-felandreno*	*(Vásquez-Montes et al., 2020)*
D. leptostachya	*linalool, eugenol, o-cimeno, farnesol y fitol*	*(Rojas-Martínez, 1998)*
D. corullea	*C-methyl chalcona 40,60-dihydroxy-30,50-dimethyl-20-methoxychalcona, 5, 7-dihydroxy-8-prenylflavanona, 5,7-dihydroxy-6-methyl-8-prenyl-flavanona, 5,7-dihydroxy-6-prenylflavanona, 5-hydroxy-7-methoxy-8-prenylflavanona, b-ocimeno, Caryophylleno*	(de la Cruz & Ulloa, 2020; Piñeros-U & González, 2020)

D. frutescens	*N-methyl-beta-phenethylamine*	*(Hastings, 1990)*
D. scandens	*Mono y sesquiterpenos*	*(Hastings, 1990)*

Cuadro 3. Algunos Metabolitos secundarios del género *Dalea*.

6.5. Bioactividad

Los estudios del género han demostrado que los flavonoides presentes tienen actividad neuroprotectora y para problemas degenerativos (Santi et al., 2020). Especies como *D. aurea, D. bicolor, D. carthagenensis, D. foliolosa, D. purpurea, D. scandens, D. searlsiae* y *D. strobilaceae* son antimicrobianos, antibacterianos y/o antifúngicos (Benites et al., 2016; Morales-Ubaldo et al., 2022; Peralta et al., 2019). *D. corulea y D. searsiae* tienen potencial en el Manejo Integrado de Plagas (MIP) al tener actividad insecticida (Peralta et al., 2019) y amebicida (Hastings, 1990).

7. HIPÓTESIS

El rendimiento del aceite esencial de *Dalea lutea* var. *lutea* es mayor en primavera que en invierno debido al estrés abiótico generado por el incremento de temperatura y radiación solar.

8. OBJETIVOS

8.1. Objetivo General

Documentar las afinidades ecológicas, los usos tradicionales y el rendimiento del aceite esencial de *Dalea lutea* var. *lutea* en las diferentes estaciones del año.

8.2. Objetivos Particulares

1. Generar mapas de distribución actualizado de *Dalea lutea* tanto del estado de Querétaro como de la República Mexicana.

2. Describir las afinidades ambientales e interacciones ecológicas de *Dalea lutea* var. *lutea*.

3. Documentar los usos en medicina tradicional que tiene la especie en diferentes localidades del estado.

4. Registrar fenología de la especie en las diferentes estaciones del año.

5. Determinar las diferencias de rendimiento y composición de aceite esencial de *Dalea lutea* var. *lutea* en las diferentes estaciones del año.

9. METODOLOGÍA

9.1. Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en dos municipios de Querétaro: San Joaquín y Amealco, donde se entrevistaron médicos tradicionales para obtener informes sobre *Dalea lutea*. Los ejemplares para el análisis de aceites esenciales se colectaron en Loma de Guadalupe, a un costado de la carretera Querétaro-San Joaquín en el municipio de San Joaquín (Figura 1) en los meses de septiembre del 2024 y enero y mayo del 2025. La información sobre fenología fue recabada en la localidad antes mencionada durante los meses de septiembre del 2024 a mayo del 2025. Los ejemplares de herbario fueron colectados en La zona de Loma de Guadalupe, además de en el camino hacia Los Azoguez, en la comunidad de Los Azoguez, San Joaquín y la zona de entrevista se buscaron localidades en el municipio de Amealco y San Joaquín (Figura 1).

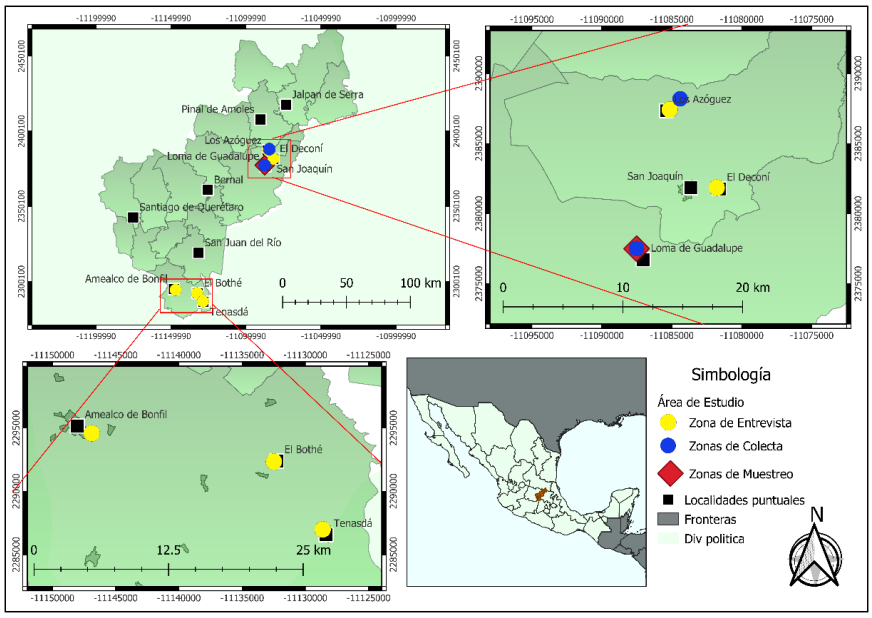


Figura 1. Mapa de descripción del área de estudio.

El clima de San Joaquín corresponde a C(w2) según la clasificación de Koppen: *clima templado subhúmedo con temperatura media anual entre 12 a 18°C, la temperatura del mes más frío va de los -3 a los 18°C y la temperatura del mes más cálido es menor a 22°C. La precipitación es de 600 a 800 mm/año, con lluvias de verano con índice P/T de más de 55 y lluvias en invierno entre el 5 y 10.2% del total anual* (INEGI, 2024). La información obtenida de 4 estaciones meteorológicas cercanas a la zona de muestro (El Tixqui, El Doctor, Cardonal y Encarnación) entre 1983 y 2017 indican un promedio anual de precipitación de 694 mm y la temporada de lluvias corresponde de junio a octubre (Figura 2, Cuadro 4). El tipo de suelo de la zona de muestreo corresponde al tipo litosol con estructura media, correspondiendo a un Bosque de *Pinus* (INEGI, 2024).

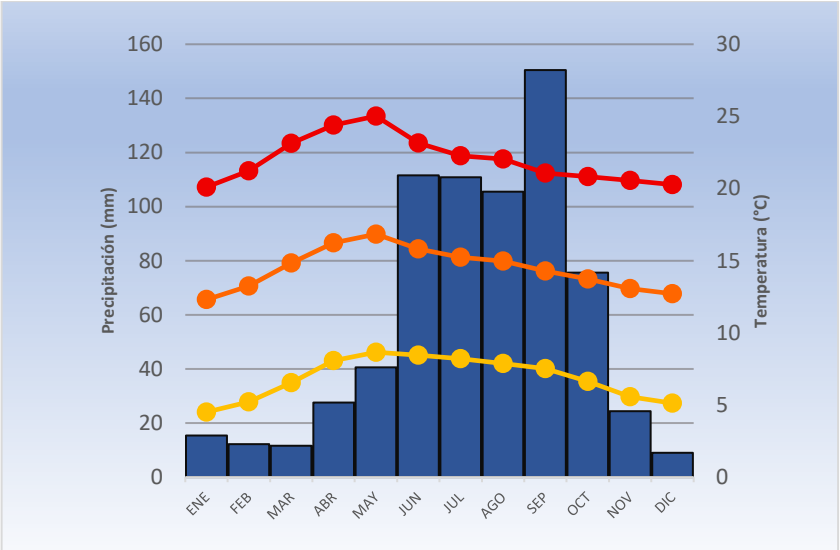


Figura 2. Climograma de Loma de Guadalupe, San Joaquín, Querétaro de 1970 a 2017 (CLICOM, s.f.).

	Precipitación	T max	T min	T prom	Tmáx histórico	Tmin histórico
Enero	15.42	20.10	4.51	12.30	31.53	-6.50
Febrero	12.22	21.23	5.22	13.23	32.25	-5.25
Marzo	11.63	23.13	6.54	14.83	34.63	-4.75
Abril	27.51	24.39	8.08	16.23	34.88	-0.50
Mayo	40.52	25.02	8.66	16.84	37.13	-2.00
Junio	111.49	23.16	8.46	15.81	34.75	0.00
Julio	110.89	22.26	8.20	15.23	34.00	2.00
Agosto	105.55	22.04	7.88	14.96	31.50	1.50
Septiembre	150.45	21.06	7.52	14.29	31.00	-0.03
Octubre	75.55	20.82	6.63	13.72	30.25	-3.25
Noviembre	24.35	20.56	5.57	13.07	29.75	-3.50
Diciembre	8.96	20.28	5.13	12.70	31.88	-6.75
Acumulado	694.54					
Promedio		21.64	7.07	14.56		
Histórico					45.00	-13.00

Cuadro 4. Climograma de Loma de Guadalupe, San Joaquín, Querétaro de 1970 a 2017 (CLICOM, s.f.).

9.2. Área de estudio

1) Se elaboró una base de datos que incluyó latitud, longitud y altitud en coordenadas UTM con la información obtenida de: 1) bases de datos electrónicas (Conabio (2023): http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/) y INEGI (s.f.): https://www.gbif.org/es/); 2) Revisión de ejemplares de herbario en el herbario Jerzy Rzedowski (QMEX) de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ); y 3) salidas de campo. Con base a estos registros se obtuvieron mapas de distribución actual en el estado y en el país a través del programa QGIS (QGIS desktop 3.28.1).

2) Se obtuvo información cartográfica en escala 1:250,000 que incluyó datos de: temperatura, precipitación, clima, edafología, topografía, pendiente, hidrología, localidades y asentamientos humanos y vegetación y uso de suelo provistas por Conabio (2023) (http://geoportal.conabio.gob.mx/), INEGI (s.f.) (https://www.inegi.org.mx/app/mapas/) y Clicom (s.f.) (http://clicom-mex.cicese.mx/). Se utilizó el programa de QGIS (QGIS desktop 3.28.1) para sobreponer las capas con el fin de registrar las variaciones en el hábitat. Con

base a la información de distribución en el estado de Querétaro, se seleccionó un sitio con el fin de obtener información de la especie en campo. Se obtuvo permiso de colecta con el fin generar váuchers de la especie;

Con el fin de conocer las afinidades ecológicas de la especie, se tomaron datos sobre las interacciones con otras especies: presencia de visitadores florales, consumidores y especies asociadas en los sitios selectos.

3) Se elaboró un formato de entrevistas que se aplicaron a personas específicas en comunidades o localidades cercanas a los sitios de muestreo. La entrevista constó de 14 preguntas abiertas y una sección de observaciones (Figura 3).

Formato de entrevista.

Fecha_____

Sobre la localidad

Localidad_____ Tipo de localidad _____ Municipio _____

Coordenadas_____ _____ _____ Colecta asociada_____

Sobre el informante

Informante_____ Edad_____ Sexo_____

Ocupación_____ _____

Entrevista

¿Usted conoce esta planta? _____ ¿La usa o la ha usado alguna vez? _____

¿Qué tan común es? _____

¿Con qué nombre o nombres la conoce?

_____

_____

¿Cómo la distingue? _____

¿De donde la colecta? _____

¿Tiene conocimiento sobre su uso con fines medicinales, para algún malestar o dolor? _____

_____

_____

_____

¿Qué parte de la planta usa? _____

¿Cuántas veces se debe consumir? _____

¿En qué dosis? _____

¿Hay algún problema para consumirla? (No consumir con otra planta, casos de toxicidad, no consumir durante el embarazo, lactancia o niños pequeños) _____

_____

¿Cómo se aplica (ejemplo: en té, pomada, molida, macerada en alcohol...)?

_____

_____

_____

_____

¿Tiene conocimiento de algún uso religioso, místico, cosmológico o para protección (mal de ojo, mal de aire, susto...)? _____

_____

_____

¿Qué parte de la planta usa? _____

6.2) ¿Cómo se utiliza (ejemplo: en sahumerio, pasar por el cuerpo, arreglo floral...)? _____

_____

_____

¿Tiene conocimiento de algún otro uso? (Elaborar herramientas como cestas, escobas..., forraje, para leña...) _____

_____

_____

_____

¿Hay fechas o temporadas específicas de su colecta? _____

_____

Observaciones _____

_____

_____

_____

Figura 3. Formato de entrevista.

4) Se seleccionaron 12 individuos en la comunidad Loma de Guadalupe San Joaquín, Querétaro (Mapa 1), para darles seguimiento de forma mensual durante 10 meses (septiembre 2024 a junio 2025). En cada visita se documentó la siguiente información: presencia o ausencia de cada etapa fenológica (Crecimiento vegetativo, prefloración, floración, fructificación, liberación de semillas) con un registro fotográfico y escrito (Agudelo & Gómez, 2001). Con base a esta información se elaboró un mapa fenológico de la especie.

5) Para la estandarización de la hidrodestilación (HD) se colectaron 200 g de material vegetal y se hizo el proceso de secado en una secadora de herborización por 48 horas a 40°C.

   Se llevaron a cabo tres pruebas para obtener los parámetros óptimos de: temperatura, tiempo de extracción y proporción agua: planta.

   Para determinar el rendimiento del aceite esencial (AE) se llevaron a cabo 3 repeticiones por temporada (verano, invierno y primavera) de 56 g de materia vegetal seca cada una y 840 ml de agua (proporción 1:15) en un matraz bola de 5 L de capacidad unido a un clevenger y un condensador (Cerpa-Chávez, 2007). Se documentó la curva de extracción en triplicado del aceite esencial por fracción de tiempo hasta alcanzar el rendimiento máximo para cada temporada.

   Se llevó a cabo una cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC:MS). Cada prueba se dividió en dos muestras las cuales estaban disueltas en escala 1:10 (AE:cloroformo) y fueron analizadas por un cromatógrafo de gases (Agilent Technologies 7890A) y se determinaron los metabolitos secundarios de forma cualitativa mediante la biblioteca del software GC-MS Data Analysis de Agilent Technologies para determinar la diferencia en la composición del aceite de cada temporada.

Para el Análisis Estadístico se llevó a cabo el análisis de varianza, utilizando un diseño completamente al azar. Se realizó una comparación de medias con pruebas de Tukey ($p<0.5$). Se utilizó el paquete estadístico Prism 8.0.

Se llevó a cabo una revisión de la bioactividad y usos de los compuestos encontrados en las bases de datos de PubChem (https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/), CheMBL (https://www.ebi.ac.uk/chembl/) y DrugBank (https://go.drugbank.com/) con el fin de avalar sus usos tradicionales.

10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

11.1. Distribución Actualizada

Se obtuvieron un total de 799 registros útiles para hacer el mapa de distribución, de los cuales, 522 corresponden a *Dalea lutea* sin ninguna variedad asociada, 1 registro corresponde a *Dalea lutea* var. *arsenei,* 41 registros corresponden a *Dalea lutea* var. *gigantea*, 2 registros corresponden a *Dalea lutea* var. *longispica* y 203 registros corresponden a *Dalea lutea* var. *lutea* (Figura 4).

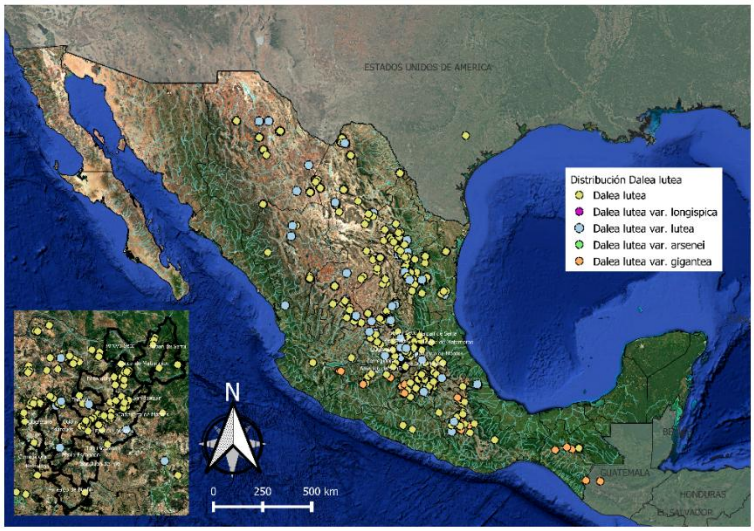


Figura 4. Mapa de distribución actualizado de *Dalea lutea* sin variedades asociadas.

La especie, incluyendo sus 4 variedades está presente en 22 de los 32 estados del país. Ordenados desde el estado con mayor número de registros hasta el estado con menor número de registros: Querétaro (13.84%), Estado de México (11.38%), Nuevo León (8.15%), Tamaulipas (6.76%), Guanajuato (6.46%), Coahuila (6.46%), San Luis Potosí (6%), Chihuahua (4%), Zacatecas (3.69%), Hidalgo (3.23%),

Puebla (2.76%), Oaxaca (2.61%), Ciudad de México (2%), Durango (1.85%), Michoacán (1.84%), Aguascalientes (1.30%), Chiapas (0.76%), Guerrero (0.61%), Jalisco (0.30%), Tlaxcala (0.30%) y Nayarit (0.15%) (Figura 5). La especie se encuentra en las provincias biogeográficas del Desierto Chihuahuense (31.73%), Sierra Madre Oriental (30.29%), Faja Neovolcánica Transversal (18.25%), Cuenca de Balsas (4.35%), Veracruz (3.94%), Sierra Madre del Sur (2.9%), Tamaulipas (2.49%), Sierra Madre Occidental (1.03) y Tierras Altas de Chiapas (0.62%) (Morrone, 2019) (Figura 6).

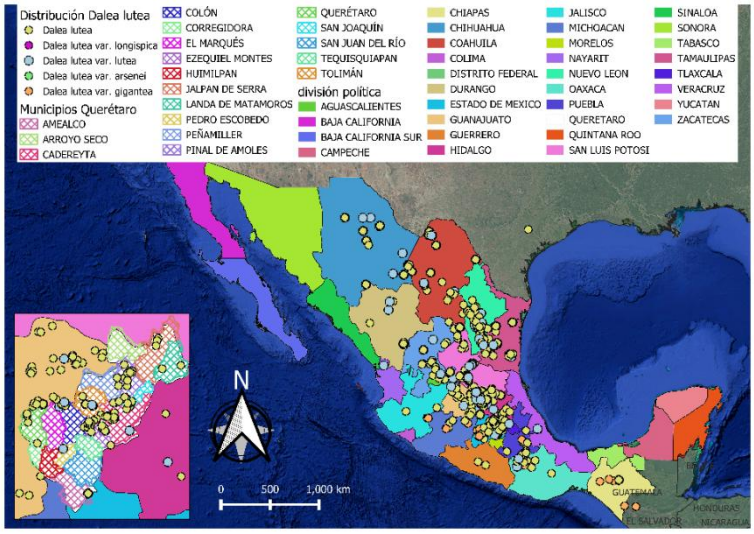


Figura 5. Mapa de distribución por estados *Dalea lutea* sin variedades asociadas.

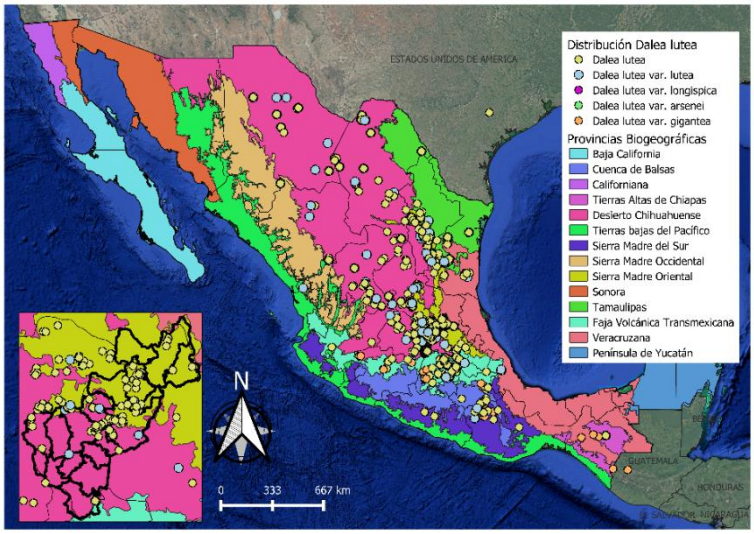


Figura 6. Mapa de distribución de Dalea lutea sin variedades asociadas dentro de las provincias biogeográficas (Morrone, 2019).

De forma específica, *Dalea lutea* var. *lutea* se distribuye en 19 estados de nuestro país. Ordenado por número de registros, está presente en los estados de Nuevo León (16.03%), Coahuila (12.97%), Chihuahua (10.78%), Querétaro (9.92%), Estado de México (8.39%), Tamaulipas (8.39%), Hidalgo (6.10%), Guanajuato (4.58%), San Luis Potosí (4.58%), Ciudad de México (3.81%), Durango (3.81%), Zacatecas (3.81%), Aguascalientes (2.29%), Chiapas (0.76%), Nayarit (0.76%), Veracruz (0.76), Oaxaca (0.73%) y Puebla (0.73%). Dentro del estado de Querétaro se encuentra en los municipios de Colón (3 registros), Tolimán (3 registros), San Joaquín (3 registros), Cadereyta (2 registros), Amealco (1 registro) y El Marqués (1 registro) (Figura 7).

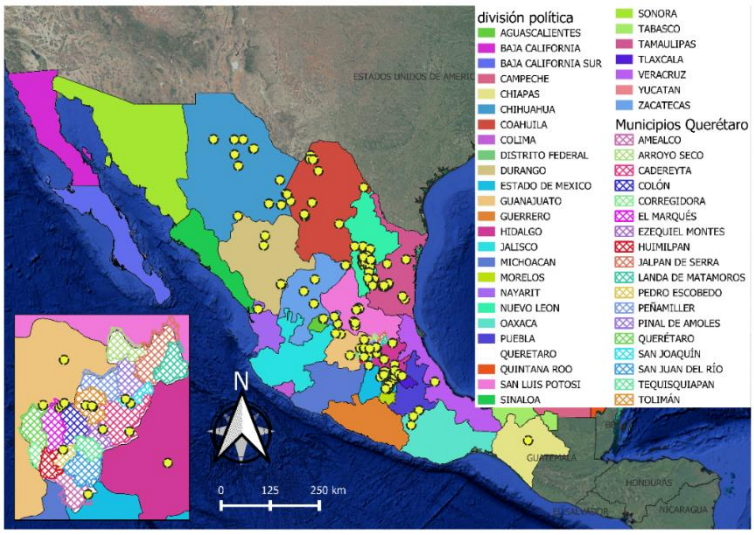


Figura 7. Mapa de distribución por estados de Dalea lutea var. lutea.

En referencia a su afinidad biogeográfica, *Dalea lutea* var. *lutea* se encuentra distribuida en el Desierto Chihuahuense (42.64%), Sierra Madre Oriental (27.94%), Faja Neovolcánica Transversal (16.91%), Veracruzana (3.67%), Tamaulipas (2.94%), Sierra Madre Occidental (2.94%), Cuenca de Balsas (1.47%), Tierra de Chiapas (0.73%), Sierra Madre del Sur (0.73%) (Figura 8), por lo que presenta una afinidad a la Zona Neártica (51.65%) y a la Zona de Transición Mexicana (45.69%). No está presente en la zona Neotropical (2.64%) Figura 9).

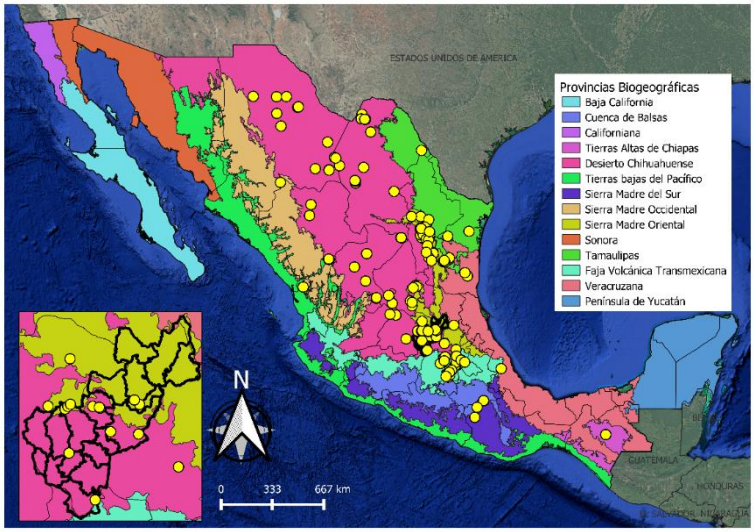


Figura 8. Mapa de distribución de Dalea lutea var. lutea dentro de las provincias biogeográficas (Morrone, 2019).

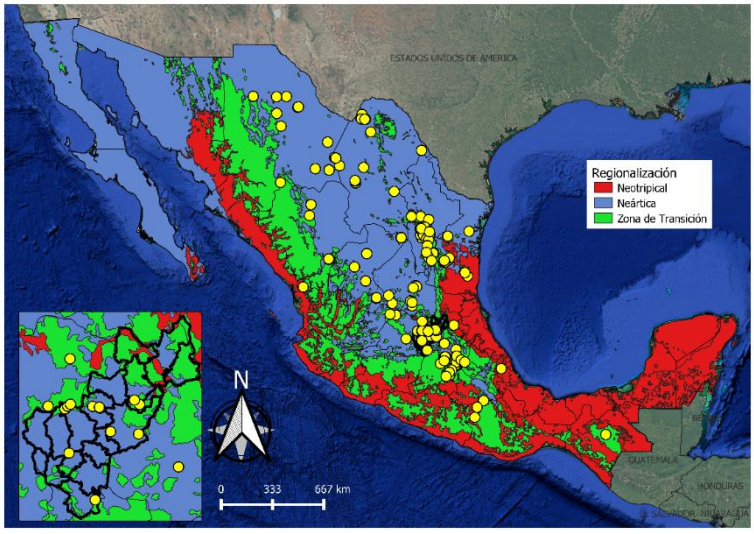


Figura 9. Mapa de afinidad de *Dalea lutea* var. *lutea.*

Se encontraron diferencias en el mapa de distribución por estados de acuerdo con lo propuesto por Rzedowski et al. (2016) y los registros encontrados en la presente investigación (cuadro 5). Se considera esto 1) por los nuevos registros utilizados

que incluían colectas más recientes, y 2) por la falta de los mismos registros sin ninguna variedad específica asociada.

variedad	Distribución según la flora del bajío y regiones adyacentes (Rzedowski et al., 2016)	Distribución actualizada mediante mapas de CONABIO (2025)
Dalea lutea var. *arsenei*	Michoacán, Guerrero	Guerrero
Dalea lutea var. *gigantea*	Ciudad de México, Jalisco, Chiapas, Estado de México, Michoacán	Chiapas, Estado de México, Guerrero, Michoacán, Oaxaca, Puebla
Dalea lutea var. *longispica*	Guanajuato, Michoacán, Nuevo León, Querétaro	Guanajuato, San Luis Potosí
Dalea lutea var. *Lutea*	Aguascalientes, Ciudad de México, Coahuila, Durango, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Zacatecas	Aguascalientes, Chiapas, Chihuahua, Ciudad de México, Coahuila, Durango, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz Zacatecas
	Cadereyta de Montes, Colón, El Marqués, Ezequiel Montes, Pinal de Amoles, San Joaquín, San Juan del Río, Santiago de Querétaro, Tolimán	Cadereyta de Montes, Colón, El Marqués, San Joaquín, Tolimán

Cuadro 5. Distribución de variedades de *Dalea lutea*.

Se observa que la especie, incluyendo sus cuatro variedades presenta una amplia distribución. Al revisar la distribución específica de *Dalea lutea* var. *lutea,* aunque se reduce con respecto a la distribución total, aún se puede considerar una variedad con amplia distribución, por lo que es posible que se trata de una variedad generalista.

Al hacer el análisis con los datos comparando la distribución propuesta por Rzedowski et al. (2016) y los resultados de este estudio, se muestra que existen cambios importantes. *D. lutea* var. *arsenei* ya no se encuentra en Michoacán, ya que Rzedowski et al. (2016) la describe como una variedad colectada hace más de un siglo y amenazada, actualmente solo se registra en Guerrero. *D. lutea* var. *longispica* y *D. lutea* var. *gigantea* redujeron su distribución y la cambiaron drásticamente de lo propuesto por Rzedowski et al. (2016). Es importante resaltar que entre los estados donde hubo mayor pérdida de registros están Michoacán y Jalisco.

Con respecto a *D. lutea* var. *lutea,* la distribución por estados aumentó, sin embargo, dentro de Querétaro se redujo drásticamente su presencia en los municipios, sobre todo en la zona metropolitana, debido al alto crecimiento de la ciudad.

Cabe mencionar que, tanto en la revisión de herbario como en los registros hechos en campo, existe también una confusión entre variedades. Se observaron problemas de distinción entre *D. lutea* var. *longispica* y *D. lutea* var. *lutea,* es posible que esta confusión se deba, a que las claves taxonómicas de las variedades (Rzedowski et al., 2016), son relativamente recientes, por lo que no existe certeza en los ejemplares colectados antes de la publicación.

11.2. Afinidades Ambientales e Interacciones Ecológicas

11.2.1. Afinidades Ambientales

La especie, incluyendo sus 4 variedades se encuentra en altitudes de 400 a 3000 m.s.n.m. (Figura 10) en vegetaciones clasificadas como “agrícola y forestal” (29.78%), bosque de encino (15.65%), bosque de pino (11.73%), matorral rosetófilo (9.78%), matorral sarcocrasicaule (7.39%), pastizal natural (7.17%), matorrales desértico micrófilo (5.21%), matorral submontano y subtropical (3.47%), chaparral (3.47%), bosque de coníferas distintas a pino (2.6%), selva baja caducifolia (2.17%), vegetación halófita y gipsófila (0.65%), bosque mesófilo de montaña (0.43%), selva baja perennifolia (0.43%), mezquital (0.21%), palmar (0.21%) y popal (0.21%) (Figura 11).

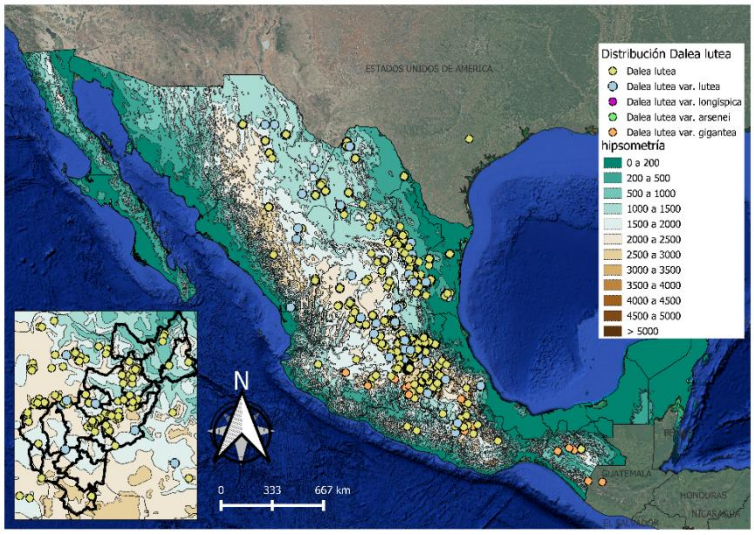


Figura 10. Mapa hipsométrico de *Dalea lutea* sin variedades asociadas.

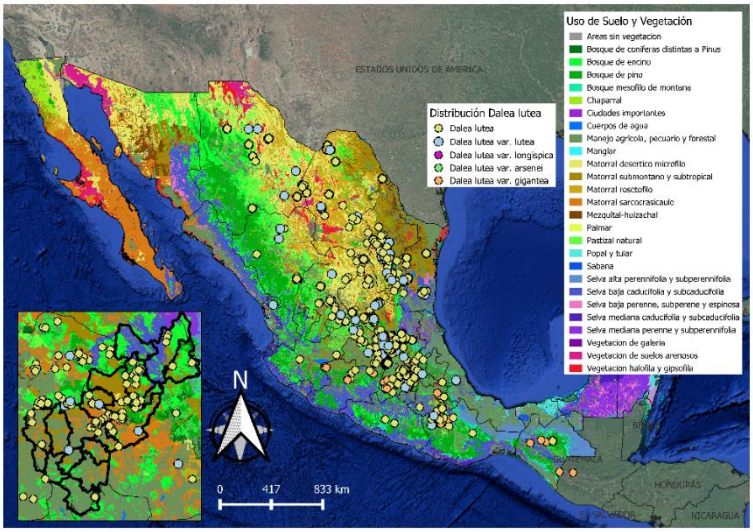


Figura 11. Mapa de uso de suelo y vegetación de *Dalea lutea* sin variedades asociadas.

De manera específica, *Dalea lutea* var. *lutea* está presente en altitudes que van de 500 a 2500 m.s.n.m. (Figura 12) en vegetaciones denominadas como “agrícola y forestal” (25.16%), bosque de encino (20.64%), bosque de pino (9.67%) pastizal natural (8.38%), matorral rosetófilo (7.74%), matorral sarcocrasicaule (7.74%), matorral desértico micrófilo (5.16%), matorral submontano y subtropical (5.16%), chaparral (4.51%), bosque de coníferas distintas a pino (1.93%), vegetación halófita y gipsófila (1.93%), selva baja perennifolia (0.64%), selva alta perennifolia (0.64%) y selva baja caducifolia (0.64%) (Figura 13).

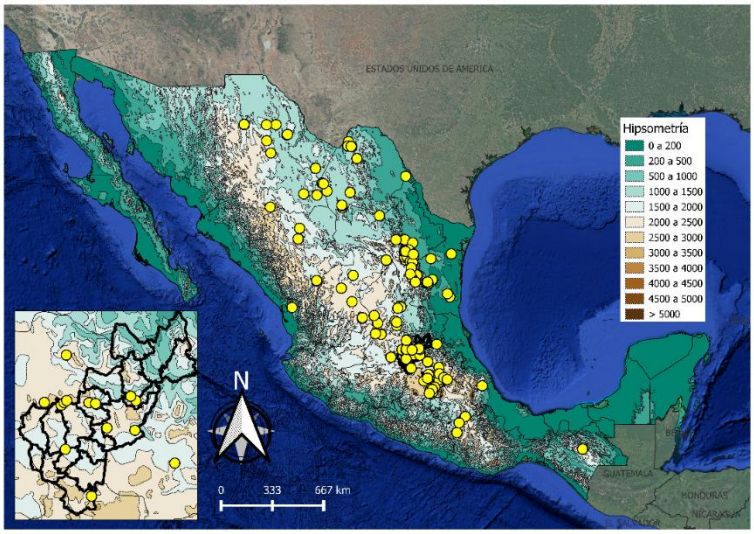


Figura 12. Mapa hipsométrico de *Dalea lutea* var. *lutea.*

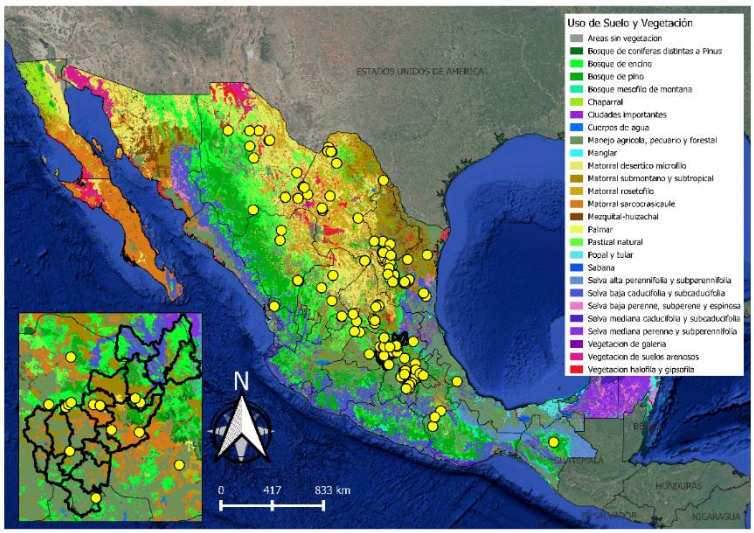


Figura 13. Mapa de uso de suelo y vegetación asociado a *Dalea lutea* var. *lutea.*

La variedad *lutea* está presente en climas generalmente semiáridos (BS1) (38%), subhúmedos (w0, w1 y w2) (36%), muy áridos (BW) (13%) y áridos (BS0) (15%). No está presente en climas húmedos (m) ni fríos o muy fríos (ET) (Figura 14) en

zonas con temperatura media anual de 14-16°C (38.51%), 18 a 20°C (18.91%), 12 a 14°C (16.89%) y 16 a 18°C (11.48%) (Figura 15).

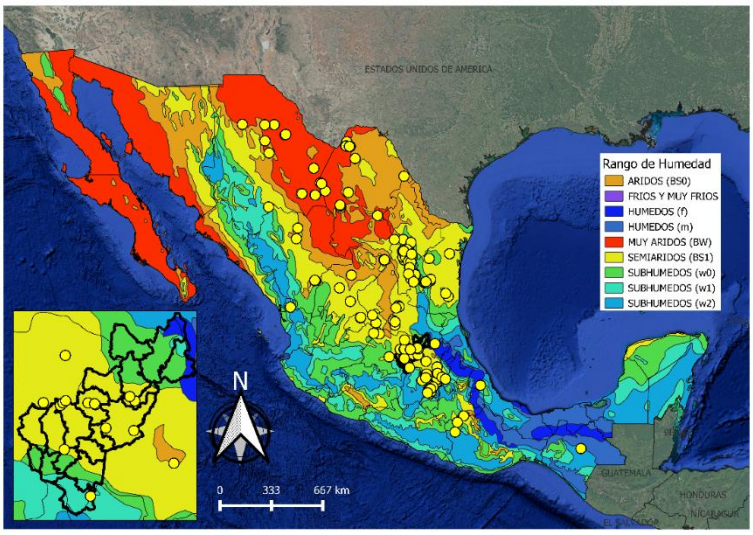


Figura 14. Mapa de humedad de *Dalea lutea* var. *lutea.*

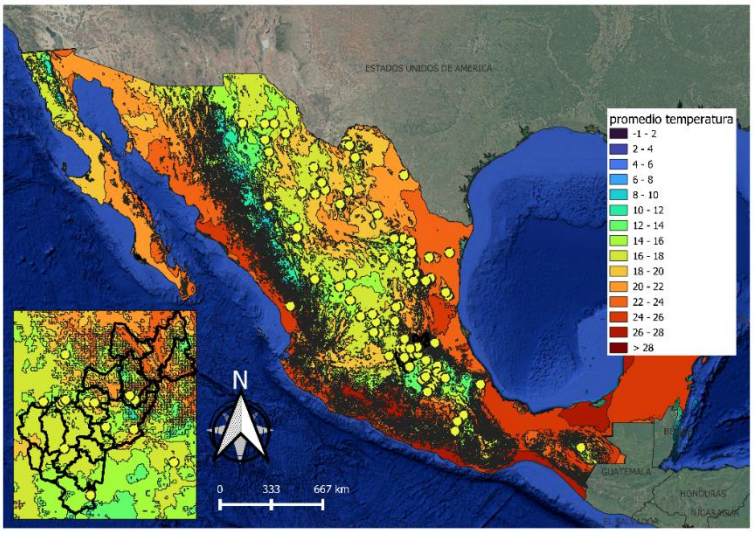


Figura 15. Mapa de promedio anual de temperaturas asociadas a *Dalea lutea* var. *lutea.*

Dalea lutea var. *lutea* está presente en zonas con intervalos de precipitación de 500 a 600 mm (22.29%), de 400 a 500 mm (21.62%), de 300 a 400 mm (16.21%), de 600 a 800 (14.86%), de 1000 a 1200 mm (8.78%) y de 800 a 1000 mm (8.10%) (15%) (Figura 16) y con intervalos de evapotranspiración de 400 a 500 mm (25.34%) 500 a 600 mm (25.34%), 300 a 400 mm (20.54%) 200 a 300 mm (11.64%), 700 a 800 mm (8.9%), 800 a 900 (8.9%), 200 a 300 mm (4.79%), 300 a 400 mm (2.05%), 800 a 900 mm (2.05%), 900 a 1000 mm (1.36%), 1100 a 1200 mm (1.36%), 100 a 200 (0.68%) y 1000 a 1100 (0.68%) (Figura 17).

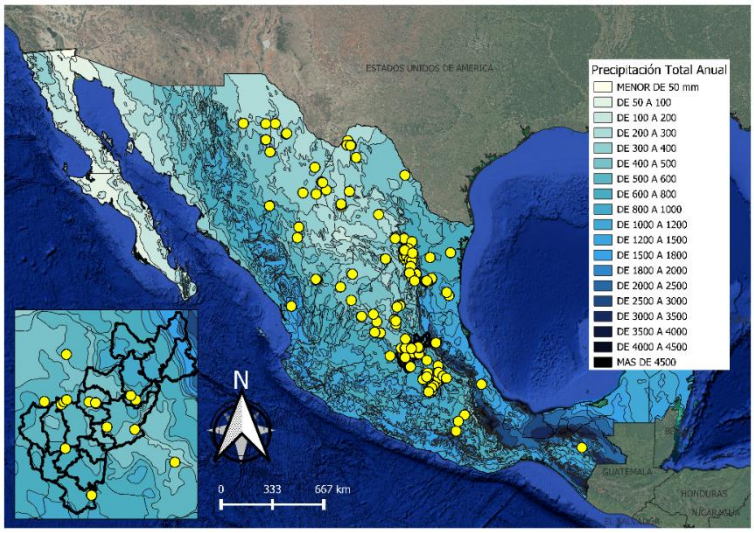


Figura 16. Mapa de precipitación total anual asociado a *Dalea lutea* var. *lutea.*

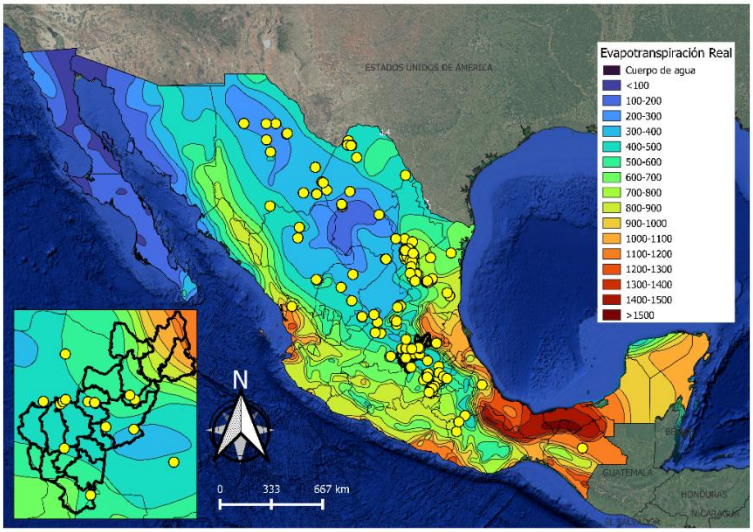


Figura 17. Mapa de evapotranspiración real asociado a *Dalea lutea* var. *lutea.*

Dalea lutea var. *lutea* se encuentra presente en suelos de tipo litosol (41.79%), feozem (17.26%), xerosol (11.19%) y vertisol (6.71%) (Figura 18).

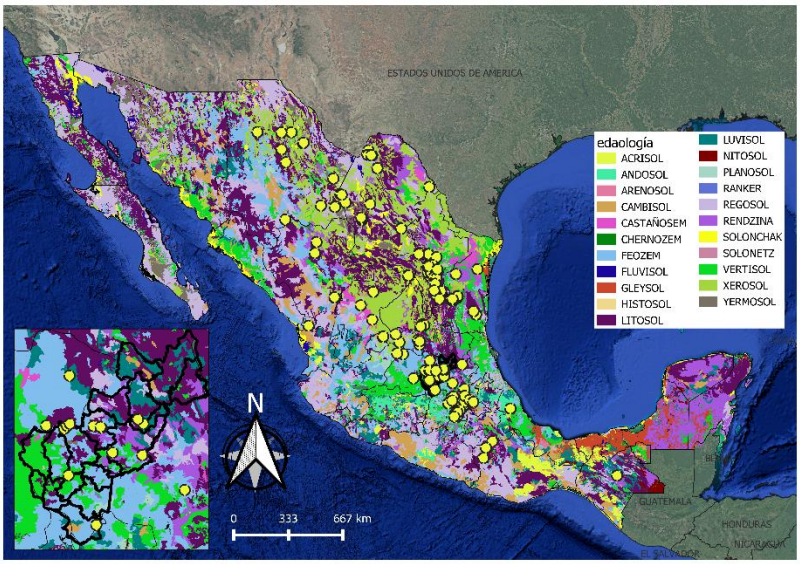


Figura 18. Mapa de tipo de suelo asociado a *Dalea lutea* var. *lutea.*

Se observa que, *Dalea lutea*, se encuentra en una amplia variedad de suelos, así como mayormente en vegetación del tipo “agrícola y forestal”, la cual podría describirse como vegetación secundaria de varios tipos de bosques. En el caso de *Dalea lutea* var. *lutea* se registra su presencia en vegetación “agrícola y forestal”, bosque de encino, bosque de pino, pastizal y matorral, por lo que es posible decir que la variedad se adapta a las condiciones ambientales de varios tipos de vegetación. Los resultados de este estudio concuerdan con lo propuesto por Saldívar-Iglesias et al. (2012) sobre la necesidad de la especie de ser ramoneada para seguir con su ciclo de vida. *Dalea lutea* y *Dalea lutea* var. *lutea* comparten los mismos tipos de vegetaciones, a excepción de bosque mesófilo de montaña y bosques de coníferas distintas a *Pinus*, que estaría asociado a las variedades *gigantea* y *arsenei* como lo propone Rzedowski et al. (2016) al sobrevivir en rangos de humedad y altura más altos.

Dalea lutea var. *lutea* se adapta a una amplia variedad de climas. Mayormente se encuentra en semiáridos (BS1) hasta los subhúmedos (W1 y W2), pocas veces se encuentra en climas áridos (BW) y muy áridos (BS0). Se distribuye en lugares cuyas T. media van de los 12 a 20°C con mayor incedencia de 14 a 16°C y precipitaciones de 300 a 1200 mm al año con mayor incidencia de 400 a 600 mm.

De forma específica, *Dalea lutea* var. *lutea* tiene afinidad hacia suelos del tipo litosol, feozem y xerosol, los cuales son muy comunes en México (INEGI, 2004). El tipo de suelo feozem tiene poca pendiente (0-8%) y se caracteriza por ser muy fértil y profundo. Por el otro lado, el suelo del tipo litosol se encuentra en pendientes de hasta 30%, en laderas, con poca profundidad, altamente erosionadas y poca materia orgánica, mientras el tipo xerosol se encuentra en zonas áridas con poca materia orgánica, pendiente de 2-15% y poco profundos. Es posible que la morfología de las raíces de *D. lutea* var. *lutea* se ha adaptado a suelos poco profundos, erosionados y con poca material orgánica como se ha descrito para *Dalea hospes* (Cóndor, 2014) y *D. corulea* (Fernández-Villarreal et al., 2022).

11.2.2. Interacciones Ecológicas

En el registro visual mensual, se encontraron abejas de la especie *Apis mellifera* (abeja europea) en las flores de *D. lutea* var. *lutea* durante todo el año. Se observaron mariposas del género *Leptotes* spp. en las hojas de varios individuos en abril y mayo. Asimismo, se hallaron escarabajos del género *Pachybrachis* spp. En las semillas. Se visualizó una chinche del género *Podisus* sp. También se localizó una araña de la familia *Salticidae* en las hojas de la planta en el mes de mayo. Se encontraron arañas del género *Frontinella* spp. en la parte aérea de las plantas de manera intermitente durante el año. Por último, se observaron plantas parásitas del género *Pylostiles* sp. entre marzo y mayo en las bases de sus tallos (Cuadro 6).

No se encontró presencia de animales de pastoreo, sin embargo, dentro de las comunidades cercanas si se indicó su uso como alimento de caprinos y bovinos, además de ser usado para ayudar a problemas gastrointestinales de aves de corral y caprinos.

Género	Nombre común	Familia	Interacción	Nivel de presencia	Registro visual
Apis	Abeja común	Apidae	Polinización (Mutualismo)	Alto, todo el año	Figura 19.a
Leptotes	Mariposa azul	Lycaenidae	Herbivoría y polinización	Alto (en primavera)	Figura 19.b
Pachybrachis	Escarabajo rayado	Chrysomelidae	Herbivoría	Bajo (solo presente en mayo)	Figura 19.c
Podisus	*Chinche espinosa*	Pentatomidae	Neutralismo	Bajo (solo presente en mayo)	Figura 19.d

No determinado	Araña saltarina	Salticidae	Neutralismo	Bajo (solo presente en mayo)	Figura 19.e
Frontinella	Araña cuenco	Linyphiidae	Neutralismo	Bajo (todo el año)	Figura 19.f
Pylostiles	No aplica	Apodanthaceae	Parasitimo	Alto (en primavera)	Figura 19.g

Cuadro 6. Registro visual de especies asociada a *Dalea lutea* var *lutea.*

Registro visual	
a 	b 
c 	d 



Figura 19. Registro fotográfico de especies asociada a *Dalea lutea* var. *lutea*.

Los resultados muestran que *Apis mellifera* se encuentra durante todo el año, incluso en la temporada fría (otoño-invierno), esta especie es conocida por ser invasora y por adaptarse a diferentes condiciones ambientales y diversos hospederos (Reis et al., 2021). Debido a que *Dalea lutea* var. *lutea* es de las pocas especies que florecen durante el invierno, constituye uno de los pocos recursos florales tanto para *Apis mellifera* como para algunos otros probables polinizadores.

En referencia a la presencia del género *Leptotes*, se han descrito como mariposas con capacidad de hospedarse y ser plaga de diferentes especies de la familia *Fabaceae* (Chiappa et al., 1997a; Faynel & Gonzalez-Mercado, 2020). Un estudio previo llevado a cabo por Chiappa et al. (1997b) describió que varios árboles y arbustos del género *Prosopis* son nichos donde las mariposas del género *Leptotes*

se aparean, ovopositan y se alimentan. En estado larvario se alimentan de las hojas mientras que, en estado adulto del néctar, permitiendo la polinización de la especie y una relación de mutualismo. Sin embargo, en *Dalea lutea* var. *lutea* no se observaron larvas en ninguna de las visitas mensuales. Aunque se observa una interacción entre *D. lutea* var. *lutea* y las mariposas mencionadas, es necesario llevar a cabo estudios más detallados para conocer el tipo de interacción en concreto.

La presencia de *Pachybrachis* en *D. lutea* sugiere una asociación de herbivoría debido a que se encontraron semillas dañadas, lo cual coincide con los estudios de Barney et al. (2013) y Duarte-De-Mélo et al. (2021) donde se describieron a varias especies del género *Pachybrachis* en estado adulto como polífagas de especies de la familia Fabaceae. Cabe destacar que no se encontraron estudios previos de esta interacción, por lo que este estudio sería el primer registro de este insecto en el género *Dalea.*

Con respecto al género *Podisus*, se registraron como escarabajos depredadores de diferentes larvas y con importancia para ser usado en el control biológico de algunas plagas (Alva Romero et al., 2020; Molina-Rugama et al., 1997), sin embargo, en este estudio no se observó esta interacción. *Frontinella* y *Salticidae* son depredadoras de insectos también, por lo que se considera que *Dalea lutea* var. *lutea* solo funge como centro de caza de las tres especies (Rodríguez & Gloudeman, 2011).

En referencia al género *Pilostyles* se registró como un género de plantas endoparásitas no fotosintéticas. De forma específica, Palacios-Wassenaar & Castillo-Campos (2018) registraron a *Dalea* como el hospedero especifico de *P. thurberi*, presentándose en troncos y ramas de especies como *D. Formosa, D. melantha* y *D. emoryi.* Esta especificidad también podría incluir a *D. lutea* var. *lutea,* siendo registrada en la literatura por primera vez.

Un estudio llevado a cabo por Sipes et al. (2014), describieron a *P. thurberi* como atrayente de diversos polinizadores nativos. En este, se describió que las avispas

de la subfamilia Eumeninae (Vespidae) y abejas del género *Augochloropsis metallica* (Halictidae) tienen una interacción multitrófica donde las avispas buscan presas en las hojas de *D. Formosa* y complementan su alimentación con el néctar tanto de *Dalea* como de *Pilostyles,* siendo visitadores oportunistas sobre todo en época donde las presas escasean. Ambas plantas pueden ser polinizadas gracias a esta relación y completar su ciclo de vida. Aunque no se observaron avispas o abejas nativas, debido principalmente a que la toma de información se hacía en tiempos cortos (1-2 horas una vez al mes) se infiere que esta relación también podría estar llevándose a cabo en *D. lutea* var. *lutea,* por lo que se considera relevante seguir investigando esta relación.

La nula observación de caprinos, aves u ovinos se debe a que el sitio seleccionado está a un costado de una vialidad, por lo que se considera que esto pudo mermar la vista y obtención de información de vertebrados e insectos que tengan una relación ecológica con *Dalea lutea* var. *lutea*.

11.3. Usos en Medicina Tradicional

11.3.1. Amealco

Dentro de las entrevistas realizadas en el estado de Amealco, se encontraron a tres informantes que reconocieron a la especie y su uso en MT (Cuadro 6).

Se entrevistó a la señora Dalia de 30 años en la comunidad El Bothé, la cual es ayudante de curandera y trabaja con su mamá que hace temazcales y productos herbarios. Ella mencionó a la especie bajo el nombre de “cabecita de ratón” gracias a la “flor” amarilla y lo “peludito” de la cabezuela. Comentó que existen dos especies del género en Amealco, *Dalea bicolor*, cercana a las casas y *Dalea lutea* cercana a los cerros. Reconoció que se usa para el dolor de estómago, el vómito y el empacho en forma de “té”. Reconoció que no es una planta que utilicen en productos herbolarios y que no la usa por preferir otras especies para el mismo uso. Comentó que es común ver las inflorescencias de julio a agosto.

La señora Miriam de Tenasdá, de 48 años se dedica a la venta de productos herbolarios. Ella comenta que esta especie es común en los cerros, principalmente en el Cerro de San Pedro Tenango o la Esperanza, por lo cual no utiliza, además poco a poco se reduce su presencia por el aumento de “malezas” (Se reconoció una especie de la familia *Asteraceae)*, la cual reduce también otras especies como *Cosmos bipinnatus*. Reconoció a *Dalea lutea* por el nombre de gatillo, siendo la forma de la cabezuela la característica más típica de la especie. Comenta que tiene uso para la gripe y bajar la temperatura en forma de infusión, además de ser forrajera. Comenta que su floración se produce en la época de lluvias.

Se entrevistó a Benigna González, de 49 años en la cabecera municipal de Amealco, la cual es promotora de plantas medicinales del Municipio y ama de casa. Ella, menciona que ha sido enviada a diferentes comunidades de “Tierra Caliente” en San Joaquín, donde si está la especie. Se reconoce bajo el nombre de “planta

de los milagros” gracias a la “flor”. Funciona para el estrés, los nervios, los calambres y las torceduras, pues es una planta “caliente”, además de poder ser utilizada en tintura o en pomada, pero puede subir más la fiebre. Es utilizada como forraje y leña y se recolecta en la temporada de lluvias (de junio a agosto) en las mañanas para aprovechar la presencia de metabolitos.

11.3.2. San Joaquín

Se hicieron entrevistas en San Joaquín, donde se encontraron dos informantes expertas que conocían la especie (Cuadro 7).

La señora Maura Ledezma de 49 años, proveniente de la comunidad de El Deconí. Es herbolaria y vende sus productos en la cabecera municipal. Comenta que la especie es muy común, sobre todo en su comunidad. Se conoce bajo el nombre de escobetilla o mirto y es reconocida por su “flor”, tallo y “hojas”. Es utilizado de forma relajante en alcohol o pomada. La señora Maura comenta que ella elabora una pomada con eucalipto (*Eucalyptus* spp.) y Buganvilia (*Bougainvillea* spp.) y se aplica en la espalda, las sienes y los pies dos veces al día para relajar. Comenta que *Dalea lutea* también es usada como forrajera o como leña y que se puede colectar todo el año, pero su floración es de febrero a marzo.

La señora Patricia, de 60 años, pertenece a la comunidad de Los Azogues y es ama de casa. Reconoce que la especie es muy común, tanto, que es considerada una maleza. Se reconoce por la flor amarilla con el nombre de “palo dulce” y es utilizada para los riñones y los nervios mediante “tés”, además de ser utilizada como forraje y para la fiebre de las gallinas.

Municipio	Amealco			San Joaquín	
Tipo de informante	Experto	Experto	Inexperto	Experto	Inexperto
Comunidad	El Bothé	Tenasdá	Amealco	El Deconí	Los Azogues
Edad	30	48	52	49	60
Sexo	Femenino	Femenino	Femenino	Femenino	Femenino
Ocupación del informante	Ayudante de curandera	Vendedora de productos herbales	Promotora de Plantas medicinales	Herbolaria	Ama de casa
Presencia regular de la especie	Común cercano a las casas	No cerca de la comunidad, si en las serranías	No tan común en Amealco, si en San Joaquín	Muy común	Muy común. Crece como maleza
Uso regular de la spp.	No	No, se conoce, pero no se usa	Sí	No tanto	No
Caracteres diagnósticos de la spp	Flor amarilla, cabezuela peluda	Forma de la cabezuela	Flor	Flor amarilla, tallo y hojas	Flor amarilla
Nombre(s)	Cabecita de ratón	Gatillo	Planta de los milagros	Escobetilla, mirto	Palo dulce
Donde es colectada	Cercana a los cerros	Cerro de San Pedro Tenango o la Esperanza	San Joaquín, campo zona caliente	Deconí	Del campo
Uso medicinal	Dolor de estómago, vómito y empacho	Para la gripe y la temperatura	Estrés, Nervios, calambres y torceduras (planta caliente)	Relajante	Para los riñones y nervios

Método de uso y dosis	infusión	Infusión	Parte aérea en tintura o pomada	En alcohol y pomada, untada en la espalda, las sienes y los pies junto a Eucalipto 2 veces al día	Infusión
Problemas de consumo	Se desconoce	Se desconoce	Puede subir más la fiebre	Posiblemente	Se desconoce
Otros usos	Se desconoce	Forraje	Forraje, leña	Forraje y leña	Forraje, fiebre de gallina
Fechas en las que se colecta	Julio a agosto (floración) se hiela en diciembre	Temporada de lluvias	Recolectar en temporada de lluvia (Jun-Ago) en la mañana cuando esté grande la planta	Todo el año, aunque florece de febrero a marzo	Se desconoce

Cuadro 7. Entrevistas hechas sobre la especie.

Se identificó a la especie más común en San Joaquín que en Amealco, sin embargo, el cambio de uso de suelo y vegetación (USV) y la presencia de especies invasoras reducen la población de especies nativas, incluyendo a *Dalea lutea*. A pesar de su alta presencia, no hay un reconocimiento importante como especie medicinal sino más bien una especie forrajera y “maleza” en muchos casos, con uso personal más que para venta o elaboración de productos. Todos los informantes reconocieron que el conocimiento de MT se está perdiendo y muchas de las personas dedicadas a dicha actividad, ya han fallecido; lo cual, dificultó mucho nuestro estudio.

Dalea lutea es utilizada en Amealco principalmente para afecciones gastrointestinales cono ocurre en especies como *Dalea corulea* (de la Cruz & Ulloa, 2020), *D. strobilacea (Benites et al., 2016)* o *D. bicolor (Martinez-Burciaga et al., 2011; Morales-Ubaldo et al., 2022)*mientras que, en San Joaquín, es una especie

principalmente relajante y para el estrés, uso no encontrado anteriormente en la literatura. También es utilizada para afecciones renales, como lo comenta Hastings (1990). Tanto una informante en Amealco como personas que no conocían su uso, pero habían visto a la especie comentaron su uso en “Tierra Caliente”, la cual no se encontró en la literatura, pero se considera que se refiera a la zona media del municipio (localidades como Apartadero, Medias Coloradas y la Polvareda) por tener mayor temperatura y menos altitud que el promedio de San Joaquín (figura 20). De acuerdo con la información, hay mucho desconocimiento sobre su toxicidad o contraindicaciones.

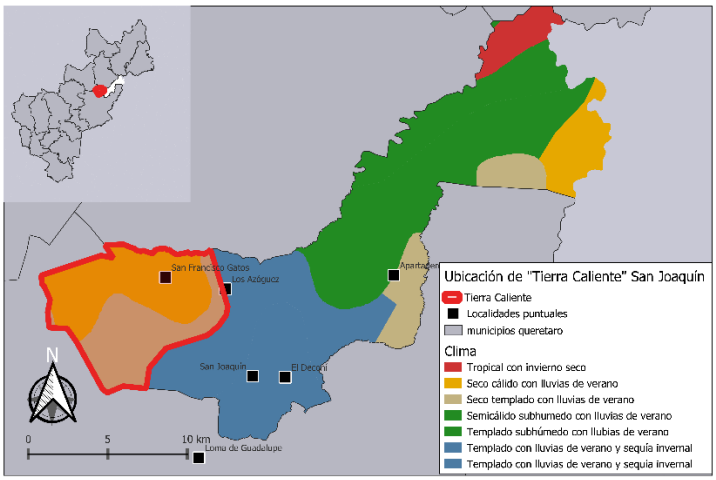


Figura 20. Mapa de ubicación de “Tierra Caliente”, San Joaquín de acuerdo con mapas de temperatura y altitud.

Se considera que hay poco uso y conocimiento de la especie a diferencia del Estado de México (Saldívar-Iglesias et al., 2006), pues no se determinó un amplio uso como herramienta o para otra cosa que no fuera el ramoneo, y muchas de las personas entrevistadas la confundieron con *Retama* o *Eysenhardtia polystachya*, y por lo tanto, no se incluyeron a los informantes que la determinaron con el nombre de “palo azul” o “retama”, especies que tienen más estudios sobre su uso medicinal y tradicional (Anccasi, 2022; Lorenzo-Barrera et al., 2023) y tienen relación con *Dalea*

lutea al deberse de especies de la subfamilia Papilionoideae (Rzedowski et al., 2016).

Se concluye que los usos más comunes son para problemas respiratorios y renal, además de como relajante, teniendo relación con los usos tradicionales mostradas con otras especies del género, sin embargo, la falta de estudios de bioactividad y presencia de metabolitos para sustentar estos usos son requeridos. Se conoce la presencia de flavonoides y terpenos encargados de la actividad medicinal y bioactividad en otras especies del género (Benites et al., 2016; de la Cruz & Ulloa, 2020). que podrían relacionarse a los usos tradicionales propuestos en *Dalea lutea.*

11.4. Fenología

Aunque las observaciones sobre fenología de *Dalea lutea* var. *lutea* se llevaron a cabo de septiembre a junio, es decir durante 10 meses, es posible inferir que la fenofase vegetativa inició durante los meses de junio y julio, es decir al inicio de la temporada de lluvias (Figura 2). En este contexto, *Dalea lutea* var. *lutea* presenta su fenofase vegetativa durante los meses de junio a noviembre, su fenofase de floración de noviembre a abril con su "pico" de floración en el mes de enero; su fenofase de fructificación de febrero a mayo con su "pico" de fructificación entre marzo y abril y la dispersión de semillas ocurre en los meses de abril a junio (Figura 21, Figura 22).

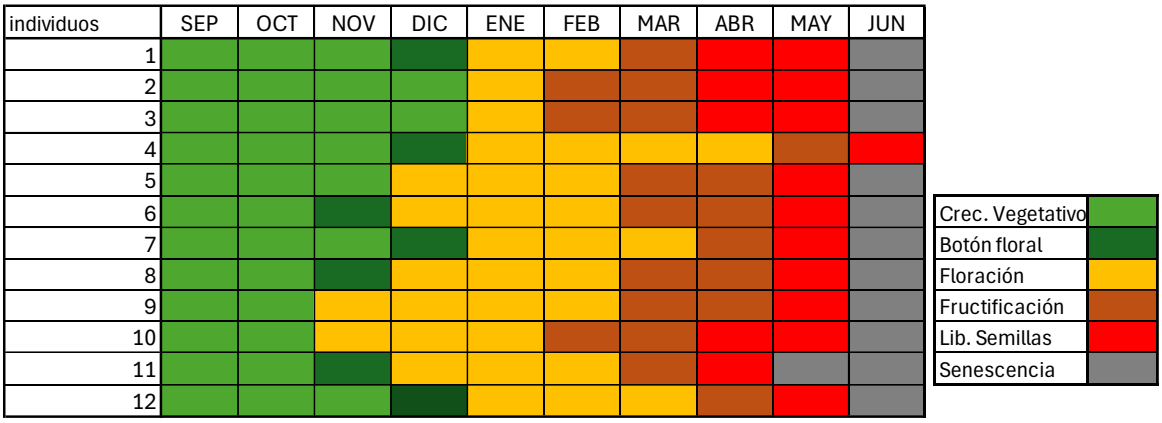


Figura 21. Fenología de 12 individuos de *Dalea lutea* var. *lutea* de septiembre del 2024 a junio del 2025.

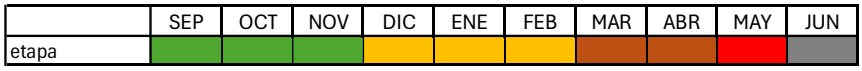


Figura 22. Fenología considerando la predominancia de cada fenofase.

Los resultados sobre el crecimiento vegetativo de *Dalea lutea* var. *lutea* coinciden con lo propuesto por Saldívar-Iglesias et al. (2012). Sin embargo, estos resultados difieren con respecto a la fenofase floral, ya que en este estudio se registró entre noviembre y abril, mientras Saldívar-Iglesias et al. (2012) y Rzedowski et al. (2016) mencionan que se presenta de junio a noviembre. Esta diferencia destaca debido a que las observaciones son llevadas a cabo en sitios con características ambientales similares, pero podría deberse a factores microclimáticos o genéticos específicos (Blázquez et al., 2011). Por otro lado, *D.schibli* y *D. mollis*, dos especies del género que se encuentran también en Querétaro presentan una fenofase floral en invierno, similar a lo encontrado en *D. lutea* var. *lutea*, por lo que se considera relevante indagar de manera más profunda sobre las bases fisiológicas y genéticas de su floración. Cabe mencionar que esta estrategia evita la competencia con otras especies y brinda un recurso nectario importante en época de escasez (Sipes et al., 2014).

Debido a que los meses en los que se llevó a cabo el estudio no contemplaron los meses de julio y agosto, no fue posible observar las plántulas recién germinadas, pero es probable que esto suceda al comenzar la época de lluvias (Figura 2). En estudios llevado a cabo anteriormente (Mancilla-Benítez et al., 2024; Saldívar-Iglesias et al., 2012) se encontró que, sin tratamiento germinativo, *Dalea lutea* var *lutea* presenta un porcentaje de germinación de 31-37.3% solo con imbibición. Si la liberación de semillas ocurre entre abril y junio, estas permanecen en el banco de semillas aproximadamente dos meses, aprovechando la época de lluvias en la zona (junio a septiembre) (Figura 2) para llevar a cabo su establecimiento.

En un estudio previo sobre *Dalea lutea,* Saldívar-Iglesias et al. (2012) mencionan que existe una disminución en el reclutamiento en la zona de bosques mixtos. Esta disminución se debe a condiciones ambientales como el decremento de la precipitación en los últimos años (Figura 23) junto a una alta competencia con otras especies. Al no encontrarse más individuos reclutados en la zona de muestreo y que la población de especies eran juveniles y adultos, es probable que también para

nuestra zona de estudio ocurra lo mismo que en lo registrado por Saldívar-Iglesias et al. (2012) debido a que también existe una disminución en la precipitación en los años anteriores al registro de observaciones en la zona de San Joaquín, Querétaro (Figura 23).

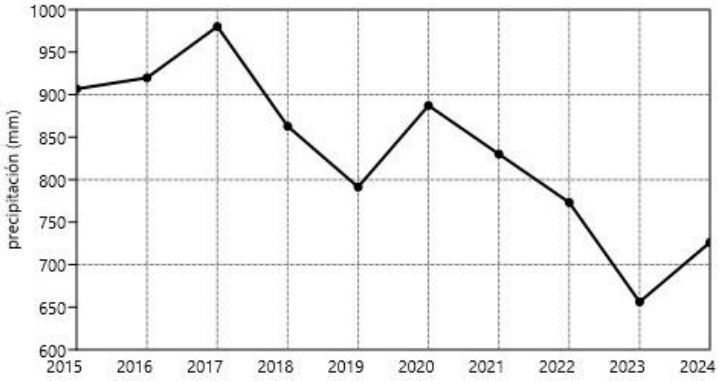


Figura 23. Precipitación calculada (mm) en la zona de muestreo de 2015 a 2024 obtenido del conjunto de datos CHIRPS (Climate Hazard Group, 2023) mediante la plataforma Google Earth Engine (Google Earth Engine, 2025).

11.5. Aceites Esenciales

11.5.1. Estandarización de la Extracción del Aceite Esencial de *Dalea lutea* var. *lutea*

Los resultados de la estandarización muestran las siguientes condiciones óptimas para la extracción de AE de *Dalea lutea* var. *lutea*: Temperatura de 94°C, tiempo de extracción de 180 min y proporción planta:agua de 1:15 (Figura 24).

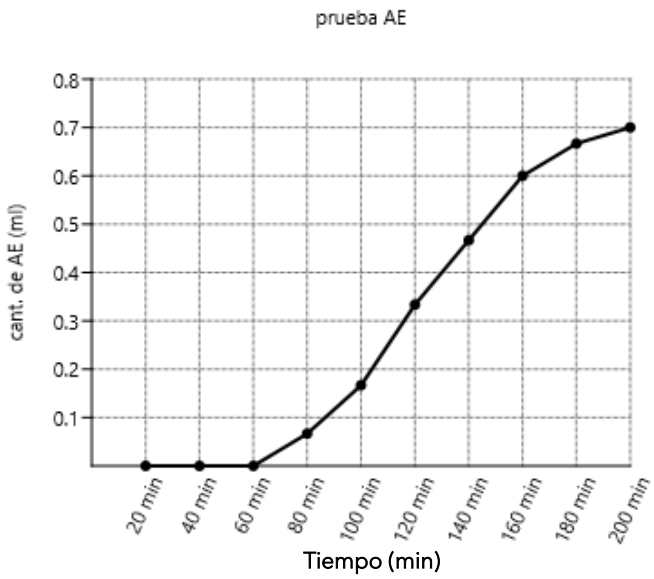


Figura 24. Resultados de la estandarización del aceite esencial en ml por unidad de tiempo (min).

11.5.2. Extracción de Aceite Esencial

En cuanto al rendimiento, los resultados mostraron un intervalo amplio a través de las tres estaciones muestreadas que va de 0.09 a 0.62 ml/100 g de materia vegetal seca (Cuadro 8, Figura 25, Figura 26, Figura 27, Figura 28). No hubo diferencias significativas en los tratamientos, para los cuales los resultados fueron de 0.36-0.62 ml/100 g, 0.09-0.36 ml/100 g y 0.18-0.36 ml/100 g (Cuadro 8, Figura 29).

	Intervalo (ml)/100 g	Intervalo (%) v/v	Promedio	s
Verano	0.36-0.62 ml	0.36-0.62%	0.5 ml	0.076
Invierno	0.09 a 0.36 ml	0.09-0.36%	0.23 ml	0.076
Primavera	0.18 a 0.36 ml	0.18-0.36%	0.27 ml	0.050
Promedio	0.09 a 0.62 ml	0.09 a 0.62%	0.33 ml	

Cuadro 8. Promedio e intervalo de pruebas de extracción de aceite esencial.

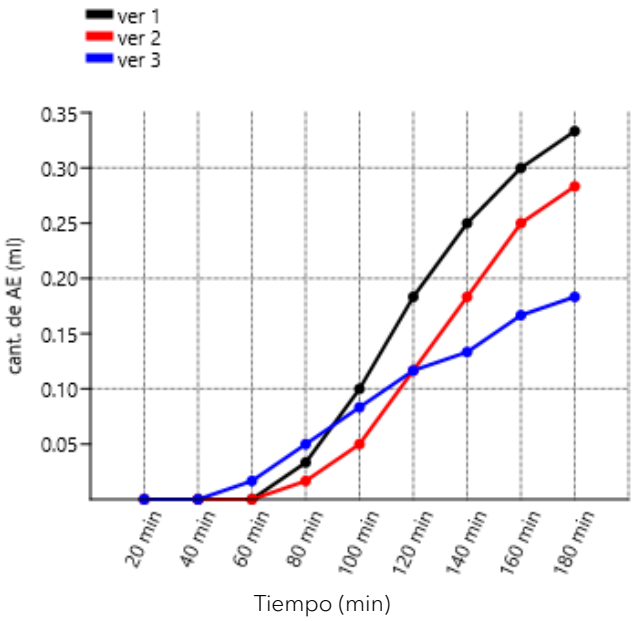


Figura 25. Extracción de aceite esencial en ml por unidad de tiempo (min) en verano.

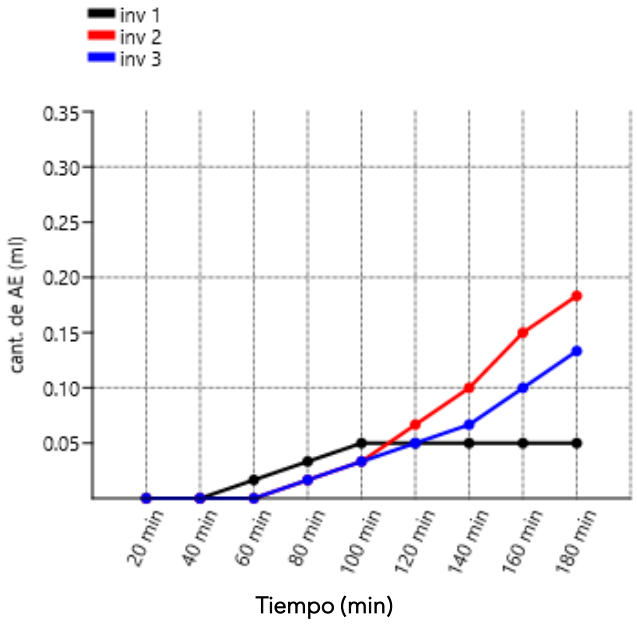


Figura 26. Extracción de aceite esencial en ml por unidad de tiempo (min) en invierno.

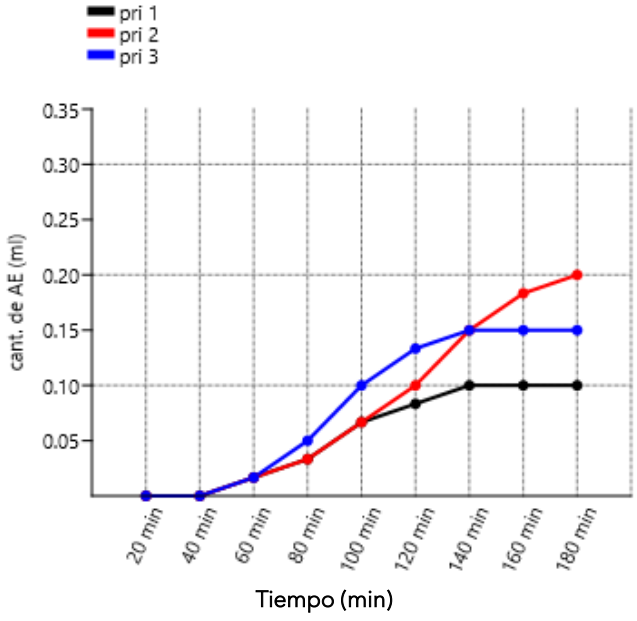


Figura 27. Extracción de aceite esencial en ml por unidad de tiempo (min) en primavera.

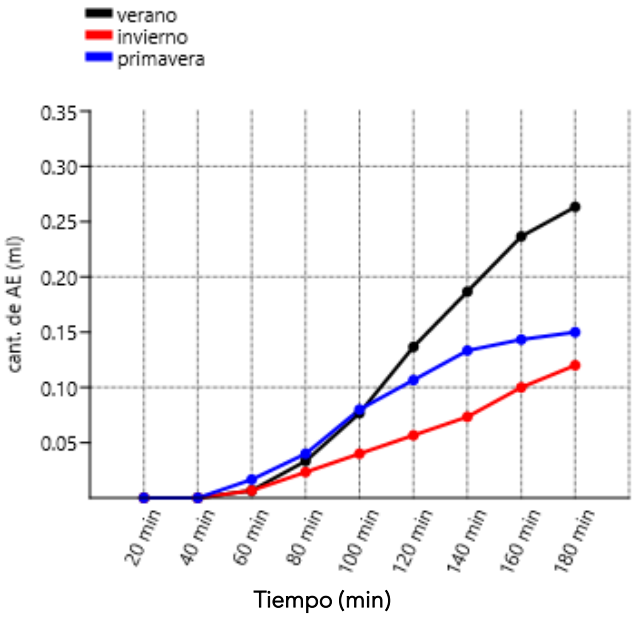


Figura 28. Extracción de aceite esencial promedio por temporada en ml por unidad de tiempo (min).

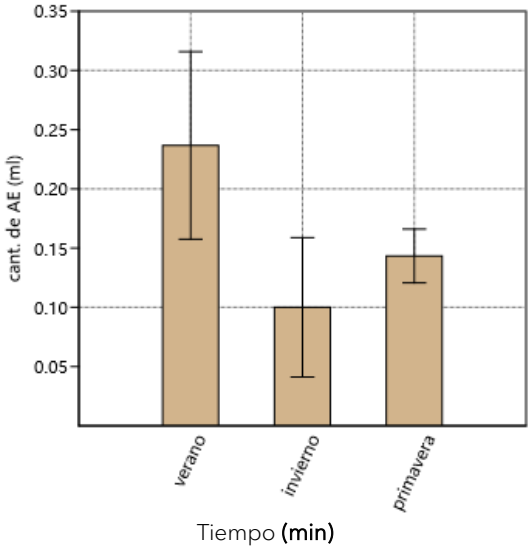


Figura 29. Rendimiento del Aceite Esencial por estación del año.

La extracción de Aceites Esenciales (AE) no mostró diferencias significativas entre las temporadas muestreadas. Sin embargo, se considera necesario analizar un mayor número de muestras (repeticiones) debido a que se observa un mayor rendimiento de AE en la estación de verano, o hacer una relación con la biomasa. Esto se sustenta en el estudio de (Vásquez-Montes et al., 2020) que demuestra la correlación entre la temperatura media anual con la producción de AE de *D. bicolor*. Aunque en este estudio no se observa la misma correlación, es importante destacar el amplio intervalo de rendimiento entre la estación de invierno y de verano.

El intervalo de AE obtenido de *Dalea lutea* var. *lutea* en las tres temporadas es de 0.09-0.062% (Cuadro 7), situándose en un punto muy bajo con respecto a otras especies de importancia medicinal y exportadas a todo el mundo (Cuadro 9). Sin embargo, el rendimiento de especies de la familia Fabaceae es menor al de otras familias como Lamiaceae o Rutaceae. Se han registrado rendimientos de entre 0.25-0.46% en especies del género *Bahuinia* (Menezes et al., 2020) o de 0.08-0.10% en el género *Senna* (Matulevich Peláez et al., 2017). Dentro del género *Dalea*, se encontró que *D. bicolor* presentó un rendimiento con un intervalo de entre 0.14-0.52% de AE (Vásquez-Montes et al., 2020) mientras que de *D. strobilaceae* se obtuvo un promedio de 0.90% (Benites et al., 2016) Esto sitúa a *D. lutea* var. *lutea* con un rendimiento similar con respecto a miembros de la misma familia botánica. Sin embargo, al presentar un rendimiento bajo con relación a las especies cultivadas a nivel nacional e internacional, es posible que existe poca viabilidad de ser comercializada por su aceite, pero podría ser usada en seco o en alguna otra forma farmacéutica, como es el caso de *Turnera difusa* (Martínez-Ávila et al., 2021).

Especie	Nombre científico	Porcentaje de AE promedio obtenido (intervalo)	Cita
Toronja	*Citrus × paradisi*	8.99% (5-9%)	(Díaz, 2023)
Limón	*Citrus* x *limon*	1% (0.6-1.5%)	(Secretaría de Salud:Comisión Permanente de la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos, 2013)
Comino	*Cuminum cyminum*	3.5% (1-9%)	(Husnu & Buchbauer, 2010)
Escobilla amarilla	***Dalea lutea***	**0.33% (0.09-0.62%)**	**Este estudio**
Cardamomo	*Elettaria cardamomum*	3.7% (2.75-8%)	(Husnu & Buchbauer, 2010; Rios et al., 2007)
Eucalipto	*Eucalyptus globosus*	2% (1.2-3%)	(Monfeda, 2011)
Lavanda	*Lavandula angustifolia*	2% (0.5-6.8%)	(Secretaría de Salud:Comisión Permanente de la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos, 2013)
Orégano	Lippia graveolens	1%	(Barrientos et al., 2013)
Árbol de té	*Maleleuca alternifolia*	2%	(Díaz, 2023)
Menta	*Mentha x piperita*	1.5% (0.3-1.2%)	(Monfeda, 2011)
Pachuli	*Pogostemon cablin*	3.50%	(Husnu & Buchbauer, 2010)
Romero	*Salvia rosmarinus*	1.2% (0.95-3.52%)	(Secretaría de Salud:Comisión Permanente de la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos, 2013)
Clavo	*Syzygium aromaticum*	15% (12-17%)	(Husnu & Buchbauer, 2010)
Clavelina	*Tagetes carcasana*	Menos del 0.05%	(Barrientos et al., 2013)

Cuadro 9. Rendimiento *de* Aceites Esenciales de algunas especies de importancia económica.

11.5.3. Determinación de Metabolitos Secundarios

Los resultados aquí presentados son cualitativos, mostrando únicamente una aproximación de los porcentajes de los MS mayoritarios debido a que las cuantificaciones ideales en GC:MS se basan en el área de integración de cada pico. En este estudio solo se tuvo en cuenta la altura (crestas) de los picos con las cuales se calcularon los porcentajes relativos mediante la aproximación de pico gaussiano (Barth, 2019; Bizzo et al., 2023; Sparkman et al., 2011). Bajo estos parámetros se obtuvieron los siguientes resultados:

La GC:MS permitió conocer la presencia de 39 MS en el aceite de *Dalea lutea* var. *lutea*, con diferencias importantes en la composición del AE en cada estación del año. En primavera se obtuvieron un total de 33 MS siendo α-pineno (42.05%), cariofileno (13.22%) y D-limoneno (4.93%) los de abundancia relativa mayor y 16 de estos sólo siendo registrados durante esta estación específica. En verano se obtuvieron un total de 20 MS siendo β-pineno (24.13%), cariofileno (13.08%), óxido de cariofileno (11.17%) y spatulenol (1H-Cycloprop[e]azulen-7-ol, decahydro-1,1,7-trimethyl-4-methylene-, [1ar-(1a.alpha.,4a.alpha.,7.beta.,7a.beta.,7b.alpha.)]-) (6.37%) los de abundancia relativa mayor y 6 registrados únicamente en esta estación específica. En invierno se encontraron un total de 12 MS distintos siendo cariofileno (34.71%), óxido de cariofileno (14.87%) y δ-Cadineno (Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-) (9.50%) los de abundancia relativa mayor en esta temporada, no se encontraron MS específicos de esta estación (Cuadro 10). Estos MS se han registrado con actividad y propiedades como desinfectantes, antioxidantes, repelentes de insectos, antimicrobianos, antifúngicos, antibacteriales, atrayentes de insectos benéficos, antiinflamatorios, antitumorales, antiacné, anticancerígenos, neuroprotectores, antienvejecimiento y también como tratamiento contra enfermedades de los riñones, el corazón, vías urinarias, el hígado, la tuberculosis y el reflujo. Además como

saborizante y colorante (Cuadro 11), por lo que son usados en la industria farmacéutica y cosmética.

	PRIMAVERA	VERANO	INVIERNO
1	β-Pinene	β-Pinene	Caryophyllene
2	Caryophyllene	Caryophyllene	Caryophyllene oxide
3	D-Limonene	Caryophyllene oxide	Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)- (δ-Cadinene)
4	Camphene	1H-Cycloprop[e]azulen-7-ol, decahydro-1,1,7-trimethyl-4-methylene-, [1ar-(1a.alpha.,4a.alpha.,7.beta.,7a.beta.,7b.alpha.)]- (Spathulenol)	1,6-Cyclodecadiene, 1-methyl-5-methylene-8-(1-methylethyl)-, [s-(E,E)]-
5	Caryophyllene oxide	1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl- (Nerolidol)	α -Caryophyllene
6	1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	α-Cadinol	1,4,7,-Cycloundecatriene, 1,5,9,9-tetramethyl-, Z,Z,Z-
7	Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)- (δ-Cadinene)	1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-, [S-(Z)]-	Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)- (γ-muurolene)

8	Cyclohexene, 4-methylene-1-(1-methylethyl)- (β-terpinene)	1H-Cycloprop[e]azulene, 1a,2,3,4,4a,5,6,7b-octahydro-1,1,4,7-tetramethyl-, [1aR-(1a.alpha.,4.alpha.,4a.beta.,7b.alpha.)]-	1H-Cycloprop[e]azulen-7-ol, decahydro-1,1,7-trimethyl-4-methylene-, [1ar-(1a.alpha.,4a.alpha.,7.beta.,7a.beta.,7b.alpha.)]- (Spathulenol)
9	β-Phellandrene	Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isopropyl-5-methyl-9-methylene-	Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-
10	α-Caryophyllene	Copaene	γ-Elemene
11	Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)- (γ-muurolene)	12-Oxabicyclo[9.1.0]dodeca-3,7-diene, 1,5,5,8-tetramethyl-, [1R-(1R*,3E,7E,11R*)]-	Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isopropyl-5-methyl-9-methylene-
12	γ-Elemene	D-Limonene	Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)- (α-muurolene)
13	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,7,7-trimethyl-, acetate, (1S-endo)- (Acetato isobornyl)	Ledol	
14	1,4,7,-Cycloundecatriene, 1,5,9,9-tetramethyl-, Z,Z,Z-	Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)- (δ-Cadinene)	
15	1,6-Cyclodecadiene, 1-methyl-5-methylene-8-(1-methylethyl)-, [s-(E,E)]-	Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)- (γ-muurolene)	

16	1R- α -Pinene	α-Caryophyllene	
17	Copaene	1,4,7,-Cycloundecatriene, 1,5,9,9-tetramethyl-, Z,Z,Z-	
18	1H-Cycloprop[e]azulene, 1a,2,3,4,4a,5,6,7b-octahydro-1,1,4,7-tetramethyl-, [1aR-(1a.alpha.,4.alpha.,4a.beta.,7b.alpha.)]-	Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-4a,8-dimethyl-2-(1-methylethenyl)-, [2R-(2.alpha.,4a.alpha.,8a.beta.)]-	
19	1H-Cycloprop[e]azulen-7-ol, decahydro-1,1,7-trimethyl-4-methylene-, [1ar-(1a.alpha.,4a.alpha.,7.beta.,7a.beta.,7b.alpha.)]- (Spathulenol)	Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)- (α-muurolene)	
20	α -Cadinol	Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-1,6-dimethyl-4-(1-methylethyl)-, (1S-cis)- (Hummulene epoxide II)	
21	α -Cubebene		
22	Azulene, 1,2,3,3a,4,5,6,7-octahydro-1,4-dimethyl-7-(1-methylethenyl)-, [1R-(1.alpha.,3a.beta.,4.alpha.,7.beta.)]-		
23	Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-		
24	Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isopropyl-5-methyl-9-methylene-		

25	Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)- (α-muurolene)		
26	Naphthalene, 1,2,3,4,4a,7-hexahydro-1,6-dimethyl-4-(1-methylethyl)-		
27	α -Farnesene		
28	1H-Cycloprop[e]azulene, decahydro-1,1,7-trimethyl-4-methylene-, [1aR-(1a.alpha.,4a.beta.,7.alpha.,7a.beta.,7b.alpha.)]-		
29	Epiglobulol		
30	Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-		
31	Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-		
32	Phenol, 2,5-bis(1,1-dimethylethyl)-		
33	Ylangene		

Cuadro 10. Compuestos encontrados en los aceites esenciales de *Dalea lutea var. lutea* por medio de cromatografía de gases por temporada.

nombre	registro CAS	información de bioactividad y usos importantes		
		PubChem	ChEMBL	DrugBank
beta-pinene	000127-91-3	Desodorante, desinfectante, repelente de insectos, contiene actividad antimicrobiana, antiinflamatoria y anticancerígena	Antibacterial; inhibición de proliferación tumoral in vitro	cálculo de las vejigas, los riñones y las vías urinarias
Caryophyllene	000087-44-5	Analgésico, antimicrobiano, atractor de insectos, antipirético, acción inhibidora de plaquetas por lo que cuenta con actividad antiinflamatoria, precursor de prostaglandinas, agente acondicionador	Bioensayos contra bacterias Gram+ y Gram–	Actúa en respuesta inflamatoria, la transmisión nociceptiva y homeostasis osea; analgésico, antireumático, agente del sistema nervioso periférico
Caryophyllene oxide	001139-30-6	Antifúngico, anticáncer, antibacterial, uso en insecticidas organofosforados al tener actividad inhibitoria de la butirilcolinesterasa	Aantispasmódico, actividad antienvejecimiento en células de Melanoma, acaricida	no encontrado
Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)- (δ-Cadineno)	000483-76-1	actividad antineoplástica	Actividad antibacterial, antituberculosis y antiacné	no encontrado
			no encontrado	no encontrado

1,6-Cyclodecadiene, 1-methyl-5-methylene-8-(1-methylethyl)-, [s-(E,E)]-	023986-74-5	antibacterial, antioxidante		
.alpha.-Cadinol	000481-34-5	Antifúngico, antibacteriano, antiinflamatorio,	anticancerígeno, antiviral	no encontrado
Camphene	000079-92-5	saborizante, colorante, repelente de insectos, plastificante para resinas y lacas	agente antiacné, antimicrobial, antifúngico	saborizante en medicamentos
Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isopropyl-5-methyl-9-methylene-	150320-52-8	antifúngico y larvicida	no encontrado	no encontrado
1,4,7,-Cycloundecatriene, 1,5,9,9-tetramethyl-, Z,Z,Z-	1000062-61-9	no encontrado	no encontrado	no encontrado
Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.al	030021-74-0	no encontrado	no encontrado	no encontrado

pha.,8a.alpha.)- (γ-muurolene)				
1H-Cycloprop[e]azulen-7-ol, decahydro-1,1,7-trimethyl-4-methylene-, [1ar-(1a.alpha.,4a.alpha.,7.beta.,7a.beta.,7b.alpha.)]- (Spathulenol)	006750-60-3	anestésico, vasodilatador	anticancerígeno, antituberculosis, antagonista del mutante socitrato deshidrogenasa 1 (IDH1)	no encontrado
Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-	000096-76-4	antioxidante, estabilizador UV y antioxidante para productos a base de hidrocarburos,	no encontrado	no encontrado
D-Limonene	005989-27-5	Antimicrobiano, antioxidante, anticancerígeno, saborizante, uso contra el hígado graso, xerostomía, solvente del colesterol, uso en reflujo gastroesofágico, desinfectante	asma, afecciones cardíacas, antimicoplasmal, repelente, acaricida, nematicida, antifúngico	Uso contra VPH, exfoliante, boca seca, uso contra tumores de glándula parótida y submandibular
.gamma.-Elemene	030824-67-0	Antitumoral, repelente de mosquitos	no encontrado	no encontrado
Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-	031983-22-9	saborizante, antimicrobial	no encontrado	no encontrado

hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)- (α-muurolene)				
1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-(Nerolidol)	007212-44-4	Uso contra enfermedades coronarias, antimicrobial, antiinflamatorio, neuroprotector	antibacterial	no encontrado
1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-, [S-(Z)]-	000142-50-7	detergente, cosmético, feromona, antihipertensivo, atrayente de insectos, herbicida, antifungico, antiinflamatorio	no encontrado	no encontrado
Cyclohexene, 4-methylene-1-(1-methylethyl)- (β-terpinene)	000099-84-3	atrayente de insectos	no encontrado	no encontrado
1H-Cycloprop[e]azulene, 1a,2,3,4,4a,5,6,7b-octahydro-1,1,4,7-tetramethyl-, [1aR-(1a.alpha.,4.al	000489-40-7	antibacterial	no encontrado	no encontrado

pha.,4a.beta., 7b.alpha.)]-				
Ledol	000577-27-5	no encontrado	antiinflamatorio, antineuroinflamatorio	no encontrado
12-Oxabicyclo[9.1.0]dodeca-3,7-diene, 1,5,5,8-tetramethyl-, [1R-(1R*,3E,7E,11R*)]-	019888-34-7	antimicrobiano, larvicida	no encontrado	no encontrado
.beta.-Phellandrene	000555-10-2	saborizante, colitis ulcerativa, esteatohepatitis no alcohólica, tóxico para *Spodoptera frugiperda*	antifungico	no encontrado
Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-1,6-dimethyl-4-(1-methylethyl)-, (1S-cis)- (Hummulene epoxide II)	000483-77-2	antitumoral, antibacterial	antifúngico, anticancerígeno	no encontrado
Copaene	003856-25-5	antibacterial, antiprofilerativo, antimalaria	antibacterial	no encontrado
Azulene, 1,2,3,3a,4,5,6,7-octahydro-1,4-dimethyl-7-(1-methylethenyl)-, [1R-	022567-17-5	no encontrado	no encontrado	no encontrado

(1.alpha.,3a.beta.,4.alpha.,7.beta.)]-				
Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,7,7-trimethyl-, acetate, (1S-endo)- (Acetato isobornyl)	005655-61-8	repelente de insectos, antioxidante, antiinflamatorio,	antifúngico, antimicrobial, toxicidad contra larvas de L*eptinotarsa decemlineata*	no encontrado
Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-	000535-77-3	solvente, insecticida, antimicrobial, antiinflamatorio	insecticida	no encontrado
.alpha.-Cubebene	017699-14-8	no encontrado	no encontrado	no encontrado
Naphthalene, 1,2,3,4,4a,7-hexahydro-1,6-dimethyl-4-(1-methylethyl)-	016728-99-7	no encontrado	no encontrado	no encontrado
.alpha.-Farnesene	000502-61-4	nematicida, antifúngico, atractor de depredador *Neoseiulus womersleyi*	no encontrado	no encontrado

Cuadro 11. Bioactividad y usos importantes de los diferentes compuestos encontrados en *Dalea lutea* var. *lutea* de acuerdo con tres bibliotecas de datos.

De los MS presentes en *Dalea lutea* var. *lutea* se encuentran varios denominados como Compuestos Volátiles Florales (VOCs en inglés), altamente ligados a la presencia de visitadores florales (Kantsa et al., 2019). Destacan, por ejemplo. D-limoneno, β-pineno, canfeno, α-pineno, α-farnesiano, β-felandreno, copaeno, cariofileno y γ-elemeno por ser compuestos que atraen abejas generalistas y abejas oligolécticas, avispas, moscas y mariposas (Dötterl & Gershenzon, 2023; Kantsa et al., 2019). La emisión de los VOCs se regula por variables ambientales y el estadío fisiológico y fenológico de la planta, permitiendo la comunicación olfativa con los polinizadores cuando la especie necesita de estos para continuar con su ciclo de vida (Mostafa et al., 2022), por lo cual es importante resaltar su presencia en invierno y principios de primavera. El cariofileno, se encontró en los análisis de invierno y primavera, lo cual se relaciona con la fenofase floral y de fructificación registrado para la especie en este estudio. Este, es un atrayente importante para abejas de los géneros *Apis, Anthophora* y *Eucera* (Kantsa et al., 2019). Al presenciar abundancia de *Apis mellifera* en esta temporada, podría indicar que este metabolito es importante para atraer este tipo de polinizadores, al igual que otros no vistos.

No se encontraron compuestos únicos para *Dalea lutea* var. *lutea*, sino compuestos comúnmente encontrados en otras especies aromáticas como romero (*Salvia rosmarinus*), Albahaca (*Ocimum basilicum)*, Menta *(Menta* x *spicata)*, Jengibre (*Zingiber officinale),* mandarina *(Citrus reticulata)*, y mejorana *(origanum majorana)* de acuerdo a PubChem (s.f.) (https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/) y FooDB (s.f.) (https://foodb.ca/). En otras especies del género *Dalea* también están presentes varios de los MS presentes en *D. lutea* var. *lutea*. Limoneno, β-felandreno están presentes en *D. bicolor* también (Vásquez-Montes et al., 2020) mientras β-felandreno, α-pineno y β-pineno se registraron también en *D. strobilacea* (Benites et al., 2016).

Esto proporciona actividad similar a estas especies entre las que destacan la actividad antimicrobiana, anticancerígena, antiinflamatoria, antibacterial, antifúngica, repelente y atractor de insectos, antioxidante y saborizante. Estas

propiedades coinciden con los usos tradicionales encontrados tanto en la literatura (Hastings, 1990;Consulta del herbario QMEX, 2023) como en los resultados de este estudio. Es importante señalar la presencia de muchos MS con propiedad anticancerígena como lo menciona Hastings (1990). Igualmente, la actividad antimicrobiana, antibacterial y antifúngica puede relacionarse con el uso para el sistema respiratorio y padecimiento de los riñones, Por lo que, los resultados de este estudio avalan los registros de sus usos tradicionales, lo cual demuestra el potencial industrial, cosmético, agrícola y medicinal de esta especie (Díaz, 2023).

11.6. Discusión general

Los resultados obtenidos en la presente investigación confirman parcialmente la hipótesis planteada. Aunque de forma estadística no se arrojan diferencias significativas en el rendimiento del Aceite Esencial entre temporadas (Figura 29), este es mayor en verano, en comparación a las muestras obtenidas en invierno. Este incremento coincidiría con el aumento de temperatura y radiación solar registrada en el área de estudio, condiciones que inciden en la síntesis y acumulación de metabolitos secundarios (Li et al., 2020; Molina, 2018; Molina-Mendoza et al., 2012) especialmente de los terpenos, responsables del aroma y las propiedades biológicas de los AE. La relación entre el estrés ambiental se ha documentado ampliamente en otras especies aromáticas (García, 2004; Li et al., 2020), lo cual refuerza la correlación del ambiente en *D. lutea* var. *lutea.* El rendimiento promedio obtenido, aunque variable (Cuadro 8), demuestra la capacidad de la especie por producir una cantidad notable de Aceite Esencial, en comparación con otras especies aromáticas bajo condiciones naturales, las cuales podrían ser aumentadas en estudios con condiciones controladas (Molina, 2018).

Por otro lado, los metabolitos presentes en invierno y primavera, correspondiendo con la época de floración (Figura 21) , coinciden con los compuestos volátiles ligados a la presencia de visitadores florales (Kantsa et al., 2019), lo cual permite su polinización gracias a diferentes abejas y mariposas para completar su ciclo de vida. Cabe resaltar la importancia de continuar con observaciones más rigurosas y específicas para conocer la importancia de la especie para los polinizadores nativos.

Los compuestos identificados mediante la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC:MS), incluyen principalmente mono y sesquiterpenos como β-felandreno, limoneno, ocimeno y β-cariofileno, moléculas comúnmente asociadas con actividades antimicrobianas, antiinflamatorias y antioxidantes (Benites et al., 2016; Davies et al., 2015; Vásquez-Montes et al., 2020). Estos resultados sugieren que *Dalea lutea* var. *lutea* comparte perfiles fitoquímicos con

otras especies del mismo género que ya han demostrado bioactividad (Hernández et al., 2015; Peralta et al., 2019), lo cual refuerza su potencial uso medicinal y para la industria.

Sin embargo, la variabilidad ambiental y la limitada cantidad de muestras analizadas muestran un obstáculo para extrapolar los resultados a una escala poblacional o productiva. La amplia distribución tanto geográfica como su adaptabilidad a hábitats con condiciones contrastantes (Figura 13, Figura 15), hacen necesario ampliar el tamaño de la muestra, que incorpore condiciones más contrastantes y diferencias regionales. Esto permitiría evaluar con mayor precisión el efecto de los factores ambientales (suelo, humedad, radiación, horas-luz y estrés hídrico), sobre el rendimiento y la composición del Aceite Esencial (Molina, 2018). Asimismo, el análisis de diferentes etapas fenológicas y de edad, podría generar variaciones en la concentración y tipos de metabolitos secundarios presentes.

Para aprovechar a *Dalea lutea* var. *lutea* a nivel industrial, se requieren muchos más estudios que complementen y validen su cultivo, y obtención de aceites. También es importante llevar a cabo estudios de inocuidad y toxicidad (Lara et al., 2019; Ocegueda et al., 2005). La caracterización fitoquímica presente en este estudio es un punto de partida cualitativo, que sirve para dar pauta a diferentes protocolos de propagación, cultivo, extracción y síntesis de los MS.

De igual forma, ampliar el número de sitios sobre investigación de usos tradicionales, podría generar una base de datos más robusta a nivel regional. Este tipo de información podría respaldar su inclusión en catálogos de plantas medicinales en el país con potencial productivo, y para promover su aprovechamiento sustentable en comunidades rurales donde se sigue usando la Medicina Tradicional de forma cotidiana (Masarovičová & Kráľová, 2007).

11. CONCLUSIONES

- ✓ Al existir 4 variedades de *Dalea lutea* con claves taxonómicas propuestas recientemente (2016), se considera necesario tomar en cuenta estas claves con los ejemplares de herbario antiguos para definir mejor la presencia y el hábitat de las 4 variedades en nuestro país.

- ✓ *Dalea lutea* var. *lutea* es una especie de amplia distribución, asociada a bosques, matorrales y pastizales con un intervalo ideal de temperatura de entre 14 y 16°C, y de 400 a 800 mm de precipitación media anual.

- ✓ *Dalea lutea* var. *lutea* es una variedad adaptada a diversos climas y rangos de temperatura y humedad, por lo que se considera una especie generalista.

- ✓ Se considera el primer registro de *Pachybrachis* sp. y *Pilostyles thurberi* asociados a *Dalea lutea* var. *lutea*, mostrándose como plagas de interés para esta especie.

- ✓ Es importante realizar un estudio enfocado a la interacción de polinizadores nativos con *D. lutea* var. *lutea*.

- ✓ *Dalea lutea* var. *lutea* es una variedad poco conocida y comercializada para el uso medicinal en humanos, sin embargo, se usa para la elaboración de diferentes formas farmacéuticas por algunos médicos tradicionales.

- ✓ De forma tradicional, *Dalea lutea* var. *lutea,* se usa principalmente como relajante y para el sistema respiratorio, renal y anticancerígeno, lo cual da pauta a seguir con estudios farmacológicos en nuestro país.

- ✓ Dalea lutea var. *lutea* es usada más en Querétaro como forraje y leña. Además, cuenta con diferentes usos veterinarios como la fiebre en las gallinas o problemas gastrointestinales de caprinos y aves.

- ✓ *Dalea lutea* var. *lutea* es una variedad que presenta su fenofase floral en invierno y su fenofase de fructificación en primavera.

- ✓ Los estudios previos de *Dalea lutea* no definen una variedad en específico de las cuatro presentes en nuestro país, este estudio sería el primero que se centra específicamente en *Dalea lutea* var. *lutea* y brinda un mejor panorama de su ecología y fenología en referencia a estudios anteriores.

- ✓ Las condiciones óptimas para la extracción de Aceite Esencial por Hidrodestilación (HD) de *Dalea lutea* var. *lutea* son 94°C en un tiempo de 180 minutos y una proporción planta:agua de 15:1.

- ✓ *Dalea lutea* var. *lutea* es una especie con un promedio de 0.33% v/v de Aceite Esencial (0.19-0.62%), lo cual se considera bajo con relación a otras especies comercializadas, sin embargo, es alto con respecto a otros estudios del género.

- ✓ Aunque no se encontraron diferencias significativas debido al tamaño de la muestra, es posible que el estrés de temperatura aumenta la cantidad de metabolitos secundarios presentes, pero se necesita más estudios.

- ✓ El estudio de los Metabolitos Secundarios presentes en el Aceite Esencial de *Dalea* lutea var. *lutea,* sustentan los usos tradicionales registrados, por lo que puede ser considerada una variedad con potencial medicinal importante.

- ✓ Los MS presentes en *Dalea lutea* var. *lutea* son comunes en otras especies aromáticas, sin embargo, se relacionan con sus usos como antimicrobiano, anticancerígeno, antiinflamatorio, antibacterial, antifúngico, repelente y atrayente de insectos, antioxidante y saborizante.

12. LITERATURA CITADA

Agudelo, C. A., & Gómez, G. D. (2001). *Fenología de especies forestales de la montaña del Ocaso, Quimbaya, Q.*

Alva Romero, D., Calderón Arias, C., & Pisfil Colchado, K. G. (2020). Ciclo biológico y capacidad depredadora de Podisus nigrispinus (Dallas, 1851) en larvasde spodoptera frugiperda (Walker, 1857), S. eridania (Cramer, 1782(y Galleria sp. (Linnaeus, 1756) en condiciones de laboratorio. *Ecología Aplicada*, *19*(2), 103. https://doi.org/10.21704/rea.v19i2.1561

Anccasi, F. (2022). *Extracción de aceite de la semilla de Retama (Retama sphaerocarpa L.) por el método soxhlet y caracterización fisicoquímica* [Universidad Nacional de Huancavelica]. https://orcid.

Argueta, A., Cano, L. M., & Rodarte, M. E. (1994). *Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana*. INI.

Ávalos-García, A., & Pérez-Urria, E. (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal*, *2*(3), 119–145.

Barney, R. J., LeSage, L., & Savard, K. (2013). Pachybrachis (Coleoptera, Chrysomelidae, Cryptocephalinae) of eastern Canada. *ZooKeys*, *332*, 95–175. https://doi.org/10.3897/zookeys.332.4753

Barrientos, J. C., Reina, M. L., & Chacón, M. I. (2013). Potencial económico de cuatro especies aromáticas promisorias para producir aceites esenciales en Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, *6*(2), 225–237. https://doi.org/10.17584/rcch.2012v6i2.1979

Barrios Arlanzón, M. Y., González-Chávez, M. del C. A., Carrillo-González, R., Sánchez-López, A. S., & Carrillo López, L. M. (2019). Alternative Washing Protocols for Releasing Metals Deposited on Leaf Surfaces. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *50*(9), 1148–1160. https://doi.org/10.1080/00103624.2019.1604733

Barth, H. (2019). *Fundamentos de cromatografía, parte VI: La distribución gaussiana y el análisis de momentos*. LCGC América Del Norte, 37 (4).

Benites, J., Moiteiro, C., Figueiredo, A., Rijo, P., Buc-Calderon, P., Bravo, F., Gajardo, S., Sánchez, I., Torres, I., & Ganoza, M. (2016). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of peruvian Dalea strobilacea Barneby. *Boletín Latinoamericano y Del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, *15*(6), 429–435. www.blacpma.usach.cl

Bizzo, H. R., Brilhante, N. S., Nolvachai, Y., & Marriott, P. J. (2023). Use and abuse of retention indices in gas chromatography. In *Journal of Chromatography A* (Vol. 1708). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.chroma.2023.464376

Blázquez, M. Á., Piñeiro, M., & Valverde, F. (2011, May). Bases moleculares de la floración. *Investigación y Ciencia*.

Calvo-Irabien, L. M. (2018). Native Mexican aromatic flora and essential oils: Current research status, gaps in knowledge and agro-industrial potential. In *Industrial Crops and Products* (Vol. 111, pp. 807–822). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.11.044

Campos-González, J. (1991). Caracterización morfológica y cuantificación de la fijación biológica de Nitrógeno en 5 especies de leguminosas silvestres (Crotalaria pumila, Crotalaria incana, Chamaechrista rotundifolia, Aeschinomene americana y Dalea leporina), bajo condiciones de campo y sin inocular. [Tesis de licenciatura]. In . Universidad Autónoma de Guadalajara.

Castañeda, R., Gutiérrez, H., Carrillo, É., & Sotelo, A. (2017). Leguminosas (Fabaceae) silvestres de uso medicinal del distrito de Lircay, provincia de Angaraes (Huancavelica, Perú). *Boletín Latinoamericano y Del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, *16*(2), 136–149.

Castro-Alayo, E. M., Chávez-Quintana, S. G., Auquiñivín-Silva, E. A., Fernández-Jeri, A. B., Acha-De la Cruz, O., Rodríguez-Hamamura, N., Olivas-Orozco, G. I., & Sepúlveda-Ahumada, D. R. (2019). Essential oils of native plants from Peru: Effect of the place of cultivation on the physicochemical characteristics and antioxidant activity. *Scientia Agropecuaria*, *10*(4), 479–487. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.04

Cerpa-Chávez, M. G. (2007). *Hidrodestilación de aceites esenciales, modelado y caracterización.* [Tesis doctoral]. de Valladolid.

Chiappa, E., Villaseñor, R., Toro, H., & Covarrubias, Y. R. (1997a). *Táctica reproductiva de Prosopis (Mimosaceae) y asociaciones ecológicas de sus polinizadores, en el desierto del norte de Chile*.

Chiappa, E., Villaseñor, R., Toro, H., & Covarrubias, Y. R. (1997b). Táctica reproductiva de Prosopis (Mimosaceae) y asociaciones ecológicas de sus polinizadores, en el desierto del norte de Chile. *Multequina*, *6*, 9–20.

CLICOM. (n.d.). *CLICOM*. Retrieved October 4, 2025, from https://www.google.com/search?q=clicom&oq=clicom&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyDggAEEUYORhDGIAEGIoFMgcIARAAGIAEMgkIAhAAGAoYgAQyDQgDEC4YrwEYxwEYgAQyDQgEEC4YrwEYxwEYgAQyBwgFEAAYgAQyBwgGEAAYgAQyBwgHEAAYgAQyDQgIEC4YrwEYxwEYgAQyBwgJEAAYgATSAQc4NDBqMGo0qAIAsAIB&sourceid=chrome&ie=UTF-8

Climate Hazard Group. (2023). *CHIRPS: Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (v2.0) [Conjunto de datos].*

Conabio. (2023). *Portal de Información Geográfica - CONABIO*.

Cóndor, G. P. (2014). *EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD EXPECTORANTE DE MOLLE (Schinus molle L.), ISO (Dalea coerulea), JACARANDA (Jacaranda*

mimosifolia), JENGIBRE (Zingiber officinale), ROMERO (Rosmarinus officinalis), MARRUBIO (Marrubium vulgare), EN RATONES (Mus musculus) [Tesis de liceciatura]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Consulta del herbario QMEX. (2023). *Querétaro, México. Herbario QMEX. Universidad Autónoma de Querétaro*.

Cuevas-Ríos, G. (2020). *El género Dalea (Fabaceae: Amorpheae) en el estado de Morelos* [Tesis de Magister]. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Darío, O., & Barajas-Solano, A. F. (2015). Hidrodestilación asistida con microondas (MWHD) para la extracción de hidrolatos de plantas aromáticas. *Revista Politécnica*, *11*(21), 51–55.

Davies, M., Nowotka, M., Papadatos, G., Dedman, N., Gaulton, A., Atkinson, F., Bellis, L., & Overington, J. P. (2015). ChEMBL web services: Streamlining access to drug discovery data and utilities. *Nucleic Acids Research*, *43*(W1), W612–W620. https://doi.org/10.1093/NAR/GKV352

de Groot, A. C., & Schmidt, E. (2016). Essential Oils, Part III: Chemical Composition. *Dermatitis*, *27*(4), 161–169. https://doi.org/10.1097/DER.0000000000000193

de la Cruz, M. A., & Ulloa, N. J. (2020). *Evaluación de la actividad antimicrobiana y antiinflamatoria de flavonoides presentes en las flores de Dalea coerulea (L.f.) Schinz & Thell* [Tesis de licennciatura]. Universidad Politécnica Salesiana.

Díaz, R. (2023). *Extracción facilitada de Aceite Esencial de cáscaras de cítricos*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Díaz-Maroto, Ma. C., & Pérez-Coello, Ma. S. (2006). Análisis de los compuestos responsables del aroma de las especias. *An. Quím.*, *102*(3), 31–35. www.rseq.org

Dötterl, S., & Gershenzon, J. (2023). Chemistry, biosynthesis and biology of floral volatiles: roles in pollination and other functions. *Natural Product Reports*, *40*(12), 1901–1937. https://doi.org/10.1039/d3np00024a

Duarte-De-Mélo, J., Dos Santos Cajé, S. O., & De Moura Lima, I. M. (2021). First record of Pachybrachis Chevrolat, 1836 (Coleoptera: Chrysomelidae: Cryptocephalinae) on Spermacoce verticillata L. (Rubiaceae) and synthesis of its plant associations in Brazil. *Revista Peruana de Biologia*, *28*(3). https://doi.org/10.15381/RPB.V28I3.20133

Faynel, C., & Gonzalez-Mercado, J. H. (2020). Leptotes callanga (Lepidoptera: Lycaenidae: Polyommatinae) breeding on Genista monspessulana (Fabaceae introduced of Mediterranean origin) in South Perú. *Revista Peruana de Biologia*, *27*(4), 553–556. https://doi.org/10.15381/RPB.V27I4.17780

Fejér, J., Gruľová, D., De Feo, V., Ürgeová, E., Obert, B., & Preťová, A. (2018). Mentha × piperita L. nodal segments cultures and their essential oil production.

Industrial Crops and Products, *112*, 550–555. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.12.055

Fernández-Villarreal, B., Zavala-González, R., Cantú-Silva, I., & González-Rodríguez, H. (2022). Composición química y morfología de raíces de cinco especies arbustivas y su influencia en la fijación del suelo. *Botanical Sciences*, *100*(1), 28–41. https://doi.org/10.17129/botsci.2777

Figuera-Chacín, Y. J., Malavé-Acuña, A. del C., Cordero-Mendoza, J. J., & Méndez-Natera, J. R. (2013). Constituyentes químicos de las hierbas y especias: Efectos sobre la salud humana. *Revista Científica UDO Agrícola*, *13*(1), 1–16.

FoodDB. (n.d.). *FooDB*. Retrieved October 4, 2025, from https://foodb.ca/

Fowler, M. W. (2006). Plants, medicines and man. In *Journal of the Science of Food and Agriculture* (Vol. 86, Issue 12, pp. 1797–1804). https://doi.org/10.1002/jsfa.2598

García, D. E. (2004). Los metabolitos secundarios de las especies vegetales. *Pastos y Forrajes*, *27*(1).

Gonzalez-Stuart, A., & Rivera, J. (2006). Providers of herbal products in the largest US-Mexico border community. *The Journal of Texas Medicine*, *102*(1), 56–60. https://www.researchgate.net/publication/6701904

Google Earth Engine. (2025). *Google Earth Engine: A planetary-scale platform for Earth data analysis [Software].* Google LLC. https://earthengine.google.com/.

Hastings, R. B. (1990). Medicinal Legumes of Mexico: Fabaceae, Papilionoideae, Part One 1. *Economic Botany*, *44*(3), 336–348.

Hernández, M. (2022). *Revisión bibliográfica de estudios experimentales analíticos, preclínicos y clínicos de plantas usadas en la medicina tradicional mexicana del año 2016 al 2021*.

Hernández, T., García-Bores, A. M., Serrano, R., Ávila, G., Dávila, P., Cervantes, H., Peñalosa, I., Flores-Ortiz, C. M., & Lira, R. (2015). Fitoquímica y actividades biológicas de plantas de importancia en la medicina tradicional del valle de Tehuacán-Cuicatlán. *TIP*, *18*(2), 116–121. https://doi.org/10.1016/j.recqb.2015.09.003

Husnu, K., & Buchbauer, G. (2010). *Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications* (Taylor and Francis Group, Ed.; 10th ed.). CRC Press.

INEGI. (n.d.). *Biblioteca digital de Mapas*. Retrieved October 4, 2025, from https://www.inegi.org.mx/app/mapas/

INEGI. (2004). *Guía para la interpretación de cartografía: Edafología*. INEGI.

Jiménez-Moreno, Á. W. (2008). *Descripción, manejo, utilización y valor forrajero de 25 gramíneas de la reserva de la biósfera de mapimí* [Tesis de licenciatura]. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” .

Kantsa, A., Raguso, R. A., Lekkas, T., Kalantzi, O. I., & Petanidou, T. (2019). Floral volatiles and visitors: A meta-network of associations in a natural community. *Journal of Ecology*, *107*(6), 2574–2586. https://doi.org/10.1111/1365-2745.13197

Lara, E., Fernández, E., Zepeda del Valle, J. M., Lara, D., Aguilar, A., & Van Damme, P. (2019). Etnomedicina en Los Altos de Chiapas, México. *BLACPMA*, *18*(1), 42–57.

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. In *Plant Physiology and Biochemistry* (Vol. 148, pp. 80–89). Elsevier Masson SAS. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.01.006

Lorenzo-Barrera, N. A., Andrade Rodríguez, M., Villegas Torres, O. G., Román Montes de Oca, E., Sotelo Nava, H., Rodríguez Rojas, T. de J., & Suárez Rodríguez, R. (2023). Usos del Palo Dulce Eysenhardtia polystachya (Ort.) Sarg., en cuatro municipios del Estado de Morelos, México. *Polibotánica*, *55*, 161–177.

Magallán-Hernández, F., Valencia-Hernández, J. A., & Sánchez-Castillo, R. (2023). Estudios para la conservación y aprovechamiento de Chrysactinia mexicana, planta aromática y medicinal nativa de México. *Polibotánica*, *55*, 145–159.

Mancilla-Benítez, C., Magallán-Hernández, E., Hernández, J., & Cardador-Martínez, A. (2024). Estudios para el aprovechamiento de Dalea lutea var. lutea (Cav.) Willd., un recurso etnomedicinal silvestre de México. In *Póster. Presentado en el XII Congreso Latinoamericano de Plantas Medicinales (COLAPLAMED)*.

Martínez-Ávila, G. C. G., Aguilar-Zarate, P., & Rojas, R. (2021). Currently applied extraction processes for secondary metabolites from lippia turbinata and turnera diffusa and future perspectives. *Separations*, *8*(9). https://doi.org/10.3390/separations8090158

Martinez-Burciaga, O. U., Fuente-Saucedo, H. de la, & Medina-Garcia, G. (2011). *Ordenamiento del uso del suelo para producción de especies no maderables de uso múltiple en el estado de Nuevo León* (Folleto técnico núm. 45).

Más, D., Martínez-Aguilar, Y., Rodríguez-Bertot, R., Pupo-Torres, G., Rosabal-Nava, O., & Olmo-González, C. (2017). Análisis preliminar de los metabolitos secundarios de polvos mixtos de hojas de plantas medicinales. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, *22*(1). https://www.researchgate.net/publication/339434018

Masarovičová, E., & Kráľová, K. (2007). Medicinal Plants-Past, Nowadays, Future. *Acta Hort.*, *749*(1).

Matulevich Peláez, J. A., Castrillón Cardona, W. F., Chitiva Chitiva, L. C., & Flórez Díaz, E. A. (2017). Caracterización química del aceite esencial de hojas de la especie vegetal Senna reticulata (Fabaceae). *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, *13*(2), 123–127. https://doi.org/10.18359/rfcb.2749

Melgoza-Castillo, A., Ortega-Ochoa, C., Morales-Nieto, C. R., Jurado-Guerra, P., Velez-Sánchez-Verín, C., Royo-Márquez, M. H., Quintana-Martínez, G., Lafón-Terrazas, A., Teresa Alarcón-Herrera, M. A., Bezanilla-Enríquez, G., & Pinedo-Alvarez, Y. C. (2007). Propagación de plantas nativas para la recuperación de áreas degradas: opción para mejorar ecosistemas. *Tecnociencia*, *1*(3), 38–41.

Mena, C., Silva López, B., & Medina, A. (2020). Composición química y actividad biológica de los Aceites Esenciales de Lamiáceas, Asteráceas, Verbenáceas: Una Revisión. *InfoANALÍTICA*, 48–69. https://doi.org/10.26807/ia.vi.177

Menezes, A. C. P. de, Santos, D. B., Nascimento, R. C., Oliveira, M. S., & Castro, C. F. de S. (2020). PHYSICOCHEMICAL EVALUATION AND ANTIFUNGAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OIL FROM Bauhinia forficata FLOWER Link (Fabaceae). *REVISTA DE AGRICULTURA NEOTROPICAL*, *7*(2), 57–61. https://doi.org/10.32404/rean.v7i2.4264

Molina, A. A. (2018). *La influencia del estrés abiótico en la síntesis de metabolitos seundarios de plantas medicinales*.

Molina-Mendoza, J. L., Galván-Villanueva, R., Patiño-Siciliano, A., & Fernández-Nava, R. (2012). Plantas medicinales y listado florístico preliminar del municipio de Huasca de Ocampo, Hidalgo, México. *Polibotánica*, *34*, 259–291.

Molina-Rugama, A., Zanucio, J., Torres, J., & Zanucio, T. (1997). Longevidad y fecundidad de Podisus nigrispinus (Heteroptera:Pentatomidae) alimentado con Musca domestica (Diptera:Muscidae) y frijol. *Revista Biológica Tropical*, *45 (3)*.

Monfeda, R. M. (2011). *Medicamentos herbolarios*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Morales-Ubaldo, Y. A., Rivero-Perez, N., Morales-Ubaldo, A. L., Valladares-Carranza, B., López-Rodríguez, G. M., & Zaragoza-Bastida, A. (2022). Dalea bicolor: An alternative for the treatment of bacteria of public health importance. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, *33*(6). https://doi.org/10.15381/rivep.v33i6.22863

Morrone, J. J. (2019). Biogeographic regionalization and biotic evolution of Mexico: Biodiversity's crossroads of the New World. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, *90*(4). https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2980

Mostafa, S., Wang, Y., Zeng, W., & Jin, B. (2022). Floral Scents and Fruit Aromas: Functions, Compositions, Biosynthesis, and Regulation. *Frontiers in Plant Science*, *13*. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.860157

Naturalista. (n.d.). *Búsqueda de especies*. Retrieved October 4, 2025, from https://www.gbif.org/es/species/search?q=dalea

Ocegueda, S., Moreno, E., & Koleff, P. (2005). Plantas utilizadas en la medicina tradicional y su identificación científica. *Biodiversitas*, *62*, 12–15.

Organización Mundial de la Salud. (2013). *Estrategia de la OMS sobre medicina tradicional 2014-2023*. Organización Mundial de la Salud.

Palacios-Wassenaar, O., & Castillo-Campos, G. (2018). *Flora de Veracruz. Fascículo 174: Apondanthaceae* (Instituto de Ecología A.C., Ed.). http://www1.inecol.edu.mx/floraver/,flover@inecol.mx.

Peralta, M. A., Santi, M. D., Cabrera, J. L., & Ortega, M. G. (2019). Dalea Genus, Chemistry, and Bioactivity Studies. In *Studies in Natural Products Chemistry* (Vol. 62, pp. 307–341). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64185-4.00008-3

Petinatii-Pavarini, D., Petinatti-Pavarini, S., Niehues, M., & Peporine-Lopes, N. (2012). Exogenous influences on plant secondary metabolite levels. *Animal Feed Science and Technology*, *176*(1–4), 5–16. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.07.002

Piñeros-U, L. P., & González, F. (2020). Taxonomic revision of dalea (Leguminosae: Papilionoideae) in Colombia. *Caldasia*, *42*(2), 220–240. https://doi.org/10.15446/caldasia.v42n2.83513

Piñeros-Urrego, L. P. (2018). *Estudio taxonómico de las especies colombianas de la tribu Amorpheae (Leguminosae: Papilionoideae)*.

PubChem. (n.d.). *PubChem*. Retrieved October 4, 2025, from https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/

Reis, H. S. dos, Araújo, S. O., Lima, L. C. L. e, Magalhães e Silva, F. H., Diogo, I. J. S., & Saba, M. D. (2021). Qualitative analysis of Apis mellifera L. honey in an ecotone area in the Bahian semiarid. *Scientia Plena*, *17*(5). https://doi.org/10.14808/sci.plena.2021.051502

Rios, L., Lopera, G., Caicedo, R., Granda, F., Montoya, A., Restrepo, G., & Suárez, R. (2007). Extracción y caracterización de aceite de Cardamomo (Eletteria cardamomum). *Dyna*, *74 (151)*, 47–52.

Rodríguez, R. L., & Gloudeman, M. D. (2011). Estimating the repeatability of memories of captured prey formed by Frontinella communis spiders (Araneae: Linyphiidae). *Animal Cognition*, *14*(5), 675–682. https://doi.org/10.1007/s10071-011-0402-9

Rojas Olivos, A. (2009). *Hidrodestilación y caracterización del aceite esencial de plantas medicinales de Santa María Huitepec, Oaxaca* [Tesis de magister]. Instituto Politécnico Nacional.

Rojas-Martínez, N. (1998). *Algunos metabolitos secundarios de Dalea leptostachya DC. (Leguminosae)* [Tesis de licenciatura]. UNAM.

Romero-Manzanares, A., García-Moya, E., & Saito-Shimura, T. (1991). Respuesta de Dalea bicolor (leguminosae) a la intensidad de ramoneo. *Agrociencia*, *1*(1).

Rosado, M. E., Quintero, E., & Sierra, R. (1997). Memorias Congreso Regional de Ciencia y Tecnología de la Península de Yucatán. In A. Sánchez & L. E. Amador (Eds.), *Actividad citotóxica y antitumoral de 11 especies de leguminosas de la península de Yucatán reportadas como medicinales* (pp. 289–291). Ciencia y Tecnología. https://www.researchgate.net/publication/236019307

Ruíz, M., & Mejía, F. (2020). Plants used in traditional medicine for viral respiratory conditions. *REBIOL*, *40*(1), 109–130. https://doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.01.12

Rzedowski, J., Calderón de Rzedowski, G., Torres-Colín, L., & Grether, R. (2016). Familia Leguminosae. Subfamilia Papilionoideae(Aeschynomene-Diphysa). In *Flora del bajío y regiones adyacentes (192)* (pp. 175–183). Instituto de Ecología.

Saldívar-Iglesias, P., Laguna-Cerda, A., Esquivel-Álvarez, C., & ; González-Esquivel, C. (2012). Sostenibilidad de Dalea lutea en bosque mixto y pastizal en Tenancingo, estado de México. *Agronomía Mesoamericana*, *23*(1), 129–139. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43723963014

Saldívar-Iglesias, P., Laguna-Cerda, A., Esquivel-Alvarez, C., & González-Esquivel, C. (2006). Plantas silvestres con uso artesanal en el Centro de México. *Mesoamericana*, *10*(4), 8–14.

Sánchez-López, A. S., González-Chávez, M.-C. A., & Carrillo-González, R. (2017). Absorber, inmovilizar o atrapar: funciones de las plantas en la remediación de sitios contaminados por elementos potencialmente tóxicos. *Agroproductividad*, *10*(4), 80–86.

Santi, M. D., Arredondo, F., Carvalho, D., Echeverry, C., Prunell, G., Peralta, M. A., Cabrera, J. L., Ortega, M. G., Savio, E., & Abin-Carriquiry, J. A. (2020). Neuroprotective effects of prenylated flavanones isolated from Dalea species, in vitro and in silico studies. *European Journal of Medicinal Chemistry*, *206*. https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2020.112718

Secretaría de Salud:Comisión Permanente de la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos. (2013). *armacopea herbolaria de los Estados Unidos Mexicanos: Vol. xxxii* (2nd ed.).

Sipes, S., Huff, K., Amin, H., Anterola, A., & Nickrent, D. (2014). Floral scent and pollinators of the holoparasite Pilostyles thurberi (Apodanthaceae). *Journal of Pollinitation Ecology*, *12*(5), 31–39.

Sparkman, O. David., Penton, Zelda., & Kitson, F. G. . (2011). *Gas chromatography and mass spectrometry : a practical guide* (2nd ed.). Academic Press.

Torrenegra, M. E., Granados, C., Osorio, M. R., & León, G. (2015). Comparación de la hidro-destilación asistida por radiación de microondas (MWHD) con hidro-

destilación convencional (HD) en la extracción de aceite esencial de Minthostachys mollis. *Informacion Tecnologica*, *26*(1), 117–122. https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000100013

Umaña, H. H. (2018). *Revisión de las plantas medicinales mexicanas que se han estudiado y usado dentro de la práctica clínica de Medicina Tradicional China, observadas durante el período de pasantía con el Instituto Politécnico Nacional en México.*

Valdés, R., & Balbín, M. I. (2000). Curso de fisiología y bioquímica vegetal. *La Habana, Cuba: Universidad Nacional de Ciencias Agrarias de La Habana*.

Vásquez-Montes, S., Villarreal-Guerrero, F., Amaya-Olivas, N. I., & Hernández-Ochoa, L. R. (2020). Production and chemical composition of dalea bicolor essential oil in different regions of Chihuahua state, Mexico. *Botanical Sciences*, *98*(4), 486–498. https://doi.org/10.17129/botsci.2602

Villanueva-Díaz, J., & Hernández-Reyna, A. (2001). *Opciones productivas para sitios con problemas de sales en la zona media potosina.* (Folleto técnico núm. 16).

Villaseñor, J. L. (2016). Catálogo de las plantas vasculares nativas de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, *87*(3), 559–902. https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017