

© 2026 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 29: 1-10, 2026.

<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2026.833>

Estudio fitoquímico de extractos de mezquite (*Prosopis* spp.) y pirul (*Schinus molle*) extraídos por ultrasonido

Alma Rosa Torres-Rodríguez¹, Leopoldo Ríos-González^{1*}, Aidé Sáenz-Galindo², Adalí Oliva Castañeda-Facio² y Thelma Karina Morales-Martínez¹

Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Ciencias Químicas, ¹Departamento de Biotecnología, ²Departamento de Polímeros, Blvd. Venustiano Carranza s/n, Col. República Oriente, 25280, Saltillo, Coahuila, México. E-mail: *leopoldo.rios @uadec.edu.mx

RESUMEN

La diversidad de la flora distribuida en el estado de Coahuila, está integrada por especies nativas e introducidas de gran relevancia económica o medicinal, entre ellas el mezquite (*Prosopis* spp.) y el pirul (*Schinus molle*) que son motivo de estudio por sus propiedades y por lo que en este trabajo se plantea determinar y comparar sus componentes bioactivos (extractos etanólicos) contenidos en las ramas, hojas, flores y semillas, mediante el uso de la técnica de ultrasonido (US). El tamizaje fitoquímico reveló la presencia de saponinas, azúcares reductores, cumarinas, taninos, fenoles y flavonoides; además el tiempo de extracción no modificó la composición de los extractos. Sin embargo, se observó un efecto cuantitativo en el contenido de flavonoides y polifenoles en PsU3 de 14.76 mg EQ/g y 11.34 mg EQ/g, respectivamente, pero en SmU3 se registraron 16.39 mg EQ/g y 9.96 mg EQ/g. La actividad antioxidante evaluada mediante DPPH y ABTS, mostró diferencias entre especies y tiempos de extracción. En *P. spp.*, los valores más altos correspondieron a PsU1 (80.36 % DPPH) y PsU3 (92.71 % ABTS), y en *S. molle* de 44.27 % DPPH y 86.77 % ABTS en SmU3. Estos resultados confirman que el US favorece la liberación de compuestos con capacidad antioxidante, aunque la respuesta dependa de la especie y del radical evaluado. Cabe mencionar que los valores en *P. spp.*, superan lo reportado por Jahromi *et al.*, para *P. farcta* (53.2 %), a diferencia de los que en *S. molle* se alinean con lo descrito por Volpini y col., quienes demostraron la capacidad para retardar la oxidación en aceites vegetales. Por otro lado, el desarrollo principal de este estudio fue considerar diversas partes de la planta (ramas, hojas, flores y semillas) e integrarlas en un solo extracto, lo que representa un aporte novedoso para los trabajos de investigación, por centrarse sólo en tejidos específicos. En conclusión, los extractos de *P. spp.*, y *S. molle* obtenidos por US presentan un alto grado de posibilidades para su aplicación en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética, gracias a sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y anticoagulantes. Además, el hallazgo de que tiempos cortos de extracción no afectan la composición cualitativa de los compuestos, abre la posibilidad de optimizar procesos, reducir los costos y favorecer a la sostenibilidad.

Palabras clave: tamizaje fitoquímico, compuestos bioactivos, *Prosopis* spp., *Schinus molle*.

Phytochemical study of mesquite (*Prosopis* spp.) and pirul (*Schinus molle*) extracts extracted by ultrasound

ABSTRACT

The diverse flora distributed throughout the state of Coahuila, comprised of native and introduced species of great economic or medicinal importance, includes mesquite (*Prosopis* spp.) and pirul tree (*Schinus molle*). These species are the subject of study due to their properties, and this work aimed to determine and compare the bioactive components (ethanolic extracts) contained in their branches, leaves, flowers, and seeds using ultrasound technology (United States). Phytochemical screening revealed the presence of saponins, reducing sugars, coumarins, tannins, phenols, and flavonoids; furthermore, the extraction time did not alter the composition of the extracts. However, a quantitative effect on the flavonoid and polyphenol content was observed in PsU3, with values of 14.76 mg EQ/g and 11.34 mg EQ/g, respectively, while in SmU3, values of 16.39 mg EQ/g and 9.96 mg EQ/g were recorded. Antioxidant activity, assessed using DPPH and ABTS assays, showed differences between species and extraction times. In *P. spp.*, the highest values corresponded to PsU1 (80.36% DPPH) and PsU3 (92.71% ABTS), and in *S. molle*, 44.27% DPPH and 86.77% ABTS in SmU3. These results confirm that ultrasound promotes the release of compounds with antioxidant capacity, although the response depends on the species and the specific radical being tested. It is worth mentioning that the values for *P. spp.* exceed those reported by Jahromi *et al.* for *P. farcta* (53.2%), unlike those for *S. molle*, which align with the findings of Volpini *et al.*, who demonstrated the ability to retard oxidation in vegetable oils. Furthermore, the main development of this study was to consider various parts of the plant (branches, leaves, flowers, and seeds) and integrate them into a single extract, representing a novel contribution to research focused solely on specific tissues. In conclusion, the *P. spp.* and *S. molle* extracts obtained by the USA show great potential for application in the food, pharmaceutical, and cosmetic industries, thanks to their antioxidant, anti-inflammatory, and anticoagulant properties. Moreover, the finding that short extraction times do not affect the qualitative composition of the compounds opens the possibility of optimizing processes, reducing costs, and promoting sustainability.

Keywords: phytochemical screening, bioactive compounds, *Prosopis* spp., *Schinus molle*.

Artículo recibido el 08 de julio del 2025.

Artículo aceptado el 19 de agosto del 2026.

INTRODUCCIÓN

La zona noreste de México es una región con más de 7 mil especies de plantas, de las que 388 son endémicas (Villarreal Quintanilla, Bartolomé Hernández, Estrada Castellón, Ramírez Rodríguez & Martínez Amador, 2017; Villaseñor *et al.*, 2023). En condiciones semidesérticas, las principales especies nativas incluyen a la lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr), la gobernadora (*Larrea tridentata*), el mezquite (*Prosopis* spp.), la hojaseña (*Flourensia cernua*), la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y numerosas cactáceas (Aranda Ledesma, Rojas Molina, Robledo Jiménez & Martínez Ávila, 2024; Guzmán Chávez, 2017; Molina Guerra, Cervantes Balderas, Soto Mata, Alanís Rodríguez, Marroquín Castillo & Sarmiento Muñoz, 2017; Moreira Valdez, Canales Gutiérrez, Rumayor Rodríguez, Leal Reyes & Rodríguez Mendoza, 2017; Suárez Guerra & Mederos Vega, 2011). Algunas de estas plantas han sido el sustento de numerosas familias que viven en las comunidades rurales de la región, por lo que se han establecido procedimientos para su adecuado provecho y conservación (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 1996). Sin embargo, varias de las que se utilizan en la medicina tradicional y la agroecología, como el pirul (*Schinus molle*) fueron introducidas y domesticadas. (Martínez López, Guizar Nolasco, Villanueva Morales & Palacios Rangel, 2021). Pero, sin duda, hoy en día todas ellas han contribuido al desarrollo del avance científico por ser utilizadas para la obtención de aditivos en diversas industrias, y por contener diversos compuestos bioactivos que sirven como defensa contra los contaminantes ambientales, los insectos o contra otras plantas vecinas (Aronés Jara, Cárdenas Landeo, Luna Molero, Barbarán Vilcatoma & Gómez Quispe, 2022). Para determinar la presencia de: **A)** compuestos bioactivos o metabolitos secundarios se utilizan los siguientes métodos: **i)** el tamizaje fitoquímico, con el que se obtiene un extracto etéreo, acuoso y alcohólico; **ii)** o la combinación de estos; **iii)** mediante colorimetría para identificarlos de forma sencilla y a un bajo costo (Castillo Mendoza, Cajas Palacios, Montoya Vizúete & García Larreta, 2022; Montejo Rodríguez & Almaguer Vargas, 2023); **iv)** también por espectrofotometría en microplaca, lo que permite analizar una mayor cantidad de muestras en un corto tiempo. La obtención de: **B)** extractos vegetales mediante; **i)** tecnología de ultrasonido (US) que se ha consolidado como un método ecológico y sostenible, por su limpieza, rapidez y bajo consumo de disolventes. Este procedimiento se fundamenta en el fenómeno de cavitación, en el que las ondas sonoras generan burbujas en el medio líquido y al colapsar, provocan la ruptura de las paredes celulares y la liberación de los compuestos bioactivos. De manera simultánea, el calentamiento del disolvente favorece la difusión de los metabolitos y optimiza la transferencia de masa en la interfase sólido-líquido (Fajardo Contreras, Sánchez Plaza & Dueñas Rivadeneira, 2022; Chemat, Rombaut, Sicaire, Meullemiestre, Fabiano Tixier & Abert Vian, 2017). En este contexto, Ramírez Rojo *et al.*, 2019 realizaron el tamizaje

fitoquímico de los extractos de *P. velutina* con US, el propósito fue identificar los posibles compuestos bioactivos de interés y de riesgo. El análisis reveló la presencia de alcaloides, saponinas y cianógenos, además de cuantificar flavonoides, fenoles, capacidad antioxidante (%DPPH) y poder reductor. Estos resultados confirman que la extracción asistida por US no solo incrementa el rendimiento, sino que también permite obtener perfiles fitoquímicos completos y relevantes para aplicaciones farmacéuticas y alimentarias (Ramírez Rojo *et al.*, 2019). La identificación fitoquímica y nutricional de *P. laevigata* realizada por García Azpeitia *et al.*, 2022 evidenció que el contenido de nutrientes y metabolitos secundarios varía entre las hojas, las flores y los frutos. Los compuestos evaluados incluyeron taninos, fenoles, polifenoles y alcaloides, pero fueron los fenoles los de mayor concentración en las flores y los siguientes ácidos: **i)** en las flores, gálico, 4-hidroxibenzoico y p-cumárico; **ii)** en los frutos, gálico, cinámico y p-cumárico; **iii)** en las hojas, 4-hidroxibenzoico, clorogénico y p-cumárico. Estos metabolitos poseen aplicaciones potenciales en el consumo humano y animal, así como en la elaboración de subproductos de interés científico e industrial (García Azpeitia, Montalvo González & Loza Cornejo, 2022). Por su parte, Murrieta Dionicio y autores, 2023 evaluaron los extractos de *S. molle* L. obtenidos por destilación Clevenger y analizaron cómo el tiempo de extracción influye en la composición fitoquímica por lo que a un mayor tiempo de extracción aumenta la concentración de los sesquiterpenos, y disminuyen los sesquiterpenos oxigenados. También identificaron a los monoterpenos hidrogenados: ***α-felandreno, limoneno + β-felandreno, canfeno, α-pineno, β-mirceno y β-pineno, compuestos con relevancia en aplicaciones agroecológicas y farmacéuticas.*** De acuerdo con investigaciones recientes la extracción asistida por US se ha consolidado como una técnica verde que optimiza la liberación de los compuestos bioactivos, incrementa el rendimiento y reduce el uso de disolventes (Chemat *et al.*, 2017; Murrieta Dionicio, Medrano Hernández, Guerra Ramírez & Valle Guadarrama, 2023). Estos estudios refuerzan la pertinencia de aprovechar diversos órganos de las plantas en especies nativas y domesticadas del noreste de México, por lo que el objetivo de la presente investigación es dar a conocer, con la técnica de US, los compuestos bioactivos presentes en los extractos de *Schinus molle* y *Prosopis* spp., determinados con el tamizaje fitoquímico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección y preparación de las plantas

Las plantas pirul (*Schinus molle*) y mezquite (*Prosopis* spp.), se recolectaron en la localidad de Los Ramones, Saltillo, Coahuila, México a una altura de 1,526.9 m y una ubicación 25°27'49"N 100°54'58"W (Figura 1).

En el experimento se utilizaron las ramas, los tallos, las hojas y las semillas de cada una de las plantas. En el laboratorio se

lavar con agua corriente para eliminar las impurezas y se secaron a temperatura ambiente en el tiempo aproximado de un mes. Una vez seco el material, se molió lo que se extrajo de cada planta con ayuda de una licuadora (T-Fal Infinity Force) hasta quedar un polvo fino (Figura 2).

Extractos etanólicos

En la Figura 3, se muestra la representación gráfica del proceso para obtener los extractos etanólicos. En el inicio se pesaron 2 g de polvo fino de cada planta a los que llamaremos “muestras” (*P. spp.* y *S. molle*), lo que quiere decir que en total fueron 12 muestras, seis de 2 g del pirul y seis más de 2 g de mezquite, a cada una se le adicionaron 20 mL de etanol (Etanol 96° marca Jalme) y se les aplicó el ultrasonido (Branson 5800) durante

15, 30 y 60 min por duplicado, respectivamente. Transcurrido el tiempo se decantaron en cajas Petri y se dejaron secar a temperatura ambiente por 48 horas. Las cajas se taparon con papel aluminio para evitar la descomposición de los compuestos bioactivos que fueran fotosensibles.

Tamizaje fitoquímico

Se pesaron 0.05 g del extracto etanólico seco de cada una de las plantas (*S. molle* y *P. spp.*), hasta obtener un total de 12 extractos; las muestras fueron diluidas por separado en 15 mL de etanol y la concentración de 0.33% (% p/v).

La identificación de los compuestos bioactivos presentes en los extractos se realizó mediante las siguientes pruebas:



Figura 1. Recolección de plantas *Schinus molle* y *Prosopis* spp. en la localidad de Los Ramones, Saltillo, Coahuila, México. Fuente: Fotografías tomadas por la autora, Alma Rosa Torres Rodríguez (2024).



Figura 2. Proceso de reducción de las plantas a polvo fino.

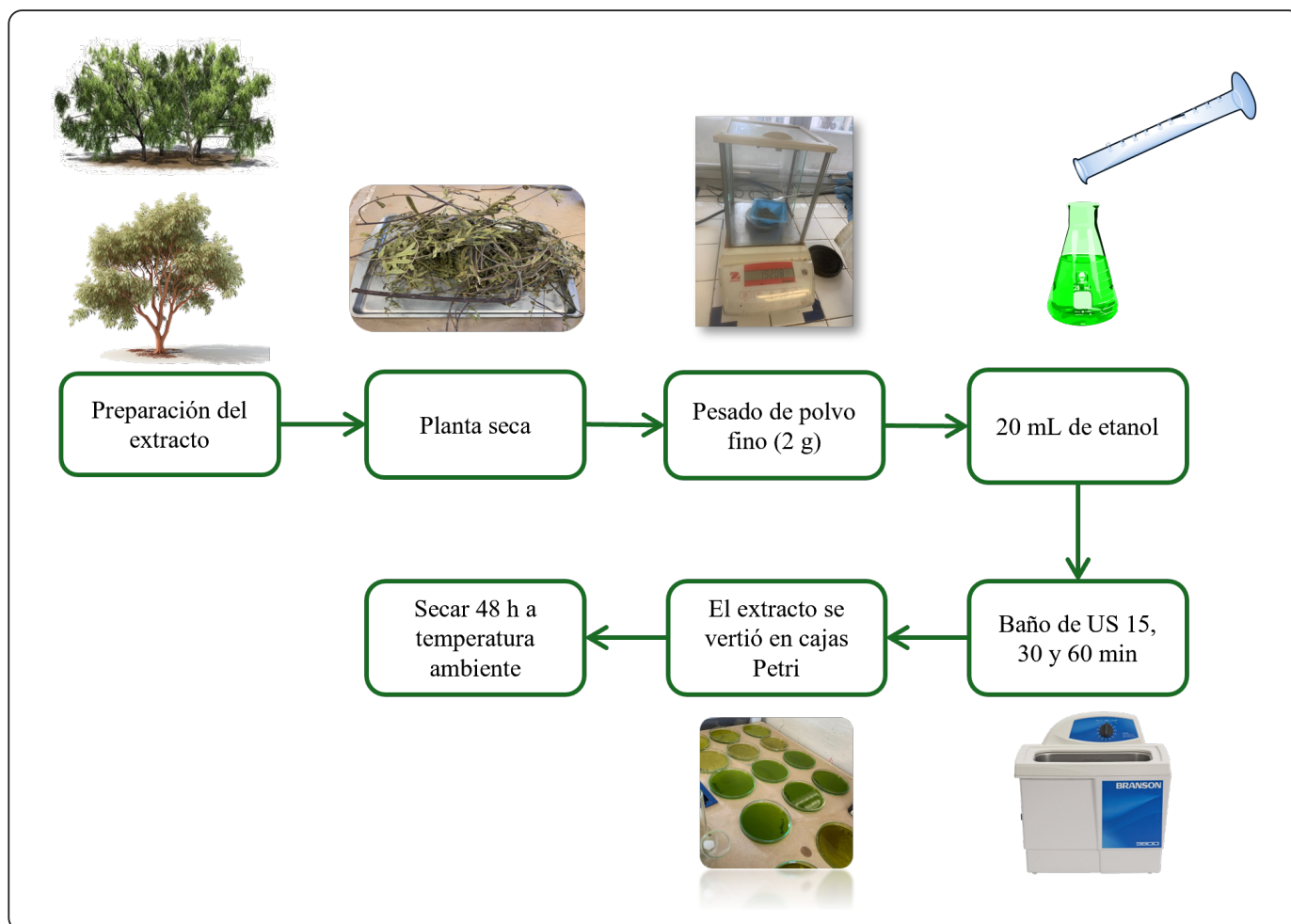


Figura 3. Representación gráfica del proceso de obtención de los extractos etanólicos de *S. molle* y *P. spp.* por US.

▪ **Ensayo de Fehling. Determinación de azúcares reductores**
 Reactivo de Fehling: Para la preparación del reactivo se pesaron, por separado, primero: 0.07g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ disueltos en 100 mL de agua y segundo: 0.35 g de tartrato de sodio y potasio y 0.1 g de NaOH, diluidos en 100 mL de agua. Al final ambas soluciones se mezclaron.

En un tubo de ensayo se vació 1 mL del extracto al que se adicionaron 2 mL del reactivo de Fehling, de aquí se introduce en agua previamente calentada en un lapso de 5 a 10 minutos. El ensayo fue positivo al presentar una coloración roja de acuerdo con lo reportado por Pujol García, Tamargo, Salas, Calzadilla, Acevedo & Sierra, 2020 ellos mencionan un cambio de coloración debido a la presencia o formación de un precipitado con el mismo color (+++), (Pujol García *et al.*, 2020).

▪ **Ensayo de la Espuma. Determinación de Saponinas**
 En un tubo se agregó 1 mL del extracto para diluir 5 veces su volumen en agua, en el siguiente paso se agitó con fuerza de 5 a 10 minutos. El ensayo fue positivo al mostrar

formación de espuma estable durante 2 minutos (Pujol García *et al.*, 2020).

▪ **Ensayo de mucílagos. Determinación de estructuras del tipo polisacáridas**

En un tubo con 1 mL del extracto se enfrió a una temperatura entre 0 y 5°C durante 15 minutos y transcurridos, se observa si toma una consistencia gelatinosa, pero el ensayo fue negativo al no presentarla de acuerdo con lo descrito por Pujol García *et al.*, 2020, muestras con presencia (+++), (Pujol García *et al.*, 2020).

▪ **Ensayo de Liebermann-Burchard. Determinación de triterpenos y esteroides**

En un tubo con 1 mL del extracto se añadieron 2-3 gotas de anhídrido acético y se mezcló con cuidado; pegadas a las paredes del tubo se vertieron 3 gotas de H_2SO_4 concentrado sin agitar. Se considera la prueba con presencia baja para *P. spp.*, ya que mostró un cambio de coloración de verde a negro y para *S. molle* presencia moderada al mostrar cambio a color verde intenso; tal como lo mencionan Pujol *et al.*, al

indicar que el cambio de rosa a azul la muestra tiene presencia (+++), al cambiar a color verde es presencia moderada (++) y de verde intenso a negro al final de la reacción presencia baja (+). Así como en caso de no haber ningún cambio, el resultado se indica como presencia nula (-).

▪ **Identificación de Cumarinas**

En un tubo con 1 mL de extracto y otra cantidad igual a 1 mL de NaOH al 10%. El ensayo en el extracto de *P. spp.*, mostró un color amarillo, lo cual indica una reacción positiva de acuerdo con lo reportado por Pujol García *et al.*, 2020, amarillo (+++).

Flavonoides. Prueba en microplaca

En una microplaca, se vertieron 30 µL de cada uno de los extractos a una concentración de 2,000 ppm, a la que también se adicionaron 11.4 µL de NaNO₃ al 5%. Los extractos se incubaron cada uno tres veces y con distintos compuestos: la primera 5 minutos a temperatura ambiente, y con 57 µL de AlCl₃ al 10%; la segunda 5 minutos con 76 µL de NaOH al 4% y la tercera 76 µL de H₂O, 5 minutos en la oscuridad y una lectura de 510 nm. Como blanco el etanol y para la curva quercetina a 2,000 ppm. Los resultados se reportaron en mg EQ (equivalentes de quercetina) / g de muestra. Se utilizó la ecuación de la recta para determinar la presencia de concentración de EQ.

$$y = mx + b$$

X = mg EQ en la muestra

Y = Absorbancia promedio – absorbancia control

▪ **Polifenoles. Método de Folin en microplaca**

En una microplaca, se vaciaron 4 µL de cada uno de los extractos al 0.2% p/v. Los extractos se analizaron por triplicado en la microplaca, y se vertieron 154 µL de agua y 11 µL de Folin al 10%. La microplaca con los extractos se dejó en reposo y a temperatura ambiente 5 minutos, transcurridos se agregaron 31 µL de NaCO₃ al 12%. La placa se dejó en la oscuridad 15 minutos y se hizo una lectura a 765 nm. El blanco fue el etanol y la curva de ácido gálico en una concentración de 1,000 ppm. Los resultados se expresaron como equivalentes del ácido gálico (mg EAG/mL).

▪ **DPPH**

Una microplaca con 7 µL de cada uno de los extractos y 193 µL del reactivo DPPH (Previamente se preparó una solución madre de 1,000 ppm) y una lectura de 517 nm de absorbancia. Los resultados se reportaron como % de inhibición y la siguiente fórmula (Aronés Jara *et al.*, 2022; Vidal Gutiérrez, Torres Moreno, Velázquez Contreras, Rascón Valenzuela & Robles Zepeda, 2020):

$$\%inhibición = \frac{(Ac - Am)}{Ac} \times 100$$

▪ **ABTS**

En una microplaca con 2 µL de cada uno de los extractos por triplicado más 198 µL de reactivo de ABTS se obtuvo una lectura de 734 nm de absorbancia y esta al diluirse los extractos se tiene 0.7±0.01. Como blanco de lectura el etanol y ABTS como muestra control. Los resultados se reportaron como % de inhibición de acuerdo con la siguiente fórmula (Aronés Jara *et al.*, 2022).

$$\%inhibición = \frac{(Ac - Am)}{Ac} \times 100$$

Ac = Absorbancia control

Am = Absorbancia muestra

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

▪ **Tamizaje fitoquímico**

Los resultados del tamizaje fitoquímico se expresan de forma cualitativa como presencia: abundante (+++), moderada (++) , escasa (+) y ausencia (-), (Tabla I). En líneas anteriores se mencionó que los tiempos de tratamiento en el US fueron de 15, 30 y 60 min, por lo que *P. spp.* presentó abundancia de azúcares reductores en los tres tiempos de extracción; escasez de saponinas y triterpenos; y carente de fenoles, mucílagos y esteroides. En cuanto a las cumarinas y los taninos la cantidad fue de escasa a abundante, abundancia que se atribuye al tiempo de tratamiento. De acuerdo con lo publicado, solo se han evaluado por separado los órganos de la planta y los compuestos bioactivos de éstas, por lo que, Valencia *et al.*, 2020 llevaron a cabo el tamizaje del aceite de las semillas de *Prosopis*, los compuestos bioactivos de estas tuvieron valores similares (triterpenos y saponinas), sin embargo, el tipo de compuestos bioactivos depende de la parte de la planta de donde se extraigan, por ejemplo en las hojas se encuentran alcaloides y flavonoides en aceites también la presencia de ácidos grasos, fenoles y esteroides (Pujol García *et al.*, 2020; Valencia, Rueda Puente, Peralta Leyva, Mazón López & Ortega García, 2020). García *et al.*, 2022 atribuyen al grado de madurez de la planta la cantidad de azúcares que contiene, y a la influencia de los factores abióticos en donde se desarrolla lo que determina la cantidad y el tipo de componentes bioactivos que presenta (García Azpeitia, Montalvo González & Loza Cornejo, 2022). En el caso de *S. molle* los resultados son: abundancia de azúcares reductores, y saponinas en los tres tiempos de tratamiento, carencia de cumarinas, mucílagos, fenoles, esteroides y escasez de triterpenos. Aumento de taninos relacionado al tiempo de tratamiento con el US, en *P. spp.* Ferreira *et al.*, 2023 llevaron a cabo el tamizaje fitoquímico por medio de HPLC, y con diferentes partes de la planta, e identificaron algunos de los compuestos bioactivos, antes mencionados; sin embargo, los resultados los presentan de forma cuantitativa. Explicaron que si se hubieran decidido por obtener la cantidad promedio de cada uno de los compuestos habrían tenido el

Tabla I. Resultados del tamizaje fitoquímico a los extractos etanólicos de *P. spp.* y *S. molle*.

Ensayo	Compuesto	Tiempo (min)	<i>P. spp.</i>	<i>S. molle</i>
Fehling	Azúcares reductores	15	+++	+++
		30	+++	+++
		60	+++	+++
Espuma	Saponinas	15	+	+++
		30	+	+++
		60	+	+++
Mucílagos	Mucílagos	15	-	-
		30	-	-
		60	-	-
Cloruro	Fenoles	15	-	-
		30	-	-
		60	-	-
Cloruro	Taninos	15	++	++
		30	+++	+++
		60	+++	+++
Liebermann-Burchard	Triterpenos	15	-	-
		30	-	-
		60	+	++
Liebermann-Burchard	Esteroides	15	-	-
		30	-	-
		60	-	-
Cumarinas	Cumarinas	15	+	-
		30	++	-
		60	++	-

promedio de cada uno de los resultados derivados de la planta (Ferreira Benitez, Vicentini Correia, Mendes Arrua, Acosta Fernández & Martínez, 2023). Pero esto no sería una muestra representativa de los compuestos bioactivos presentes en la planta, ya que, acorde a lo antes citado los factores: luz, agua, temperatura y desarrollo de la planta afectan la síntesis de los diversos compuestos que podrían biosintetizar. Shehata *et al.*, evaluaron los extractos de las semillas y las hojas de *S. molle* e identificaron sus principales componentes fitoquímicos, los terpenos, los sesquiterpenos, y los ácidos grasos (el palmítico), y sus propiedades antimicrobianas, antioxidantes y citotóxicas. (Shehata, El, Sharaf, Kalaba & Shaban, 2025).

▪ Flavonoides

En la Figura 4 se observa que, tanto en *P. spp.* como en *S. molle* al incrementar el tiempo en el US favorece la liberación de los flavonoides, expresados en mg equivalentes de quercetina. A los 60 minutos *P. spp.* alcanzó un valor promedio de 14.76 mg EQ/g muestra seca, y en *S. molle* su valor fue ligeramente

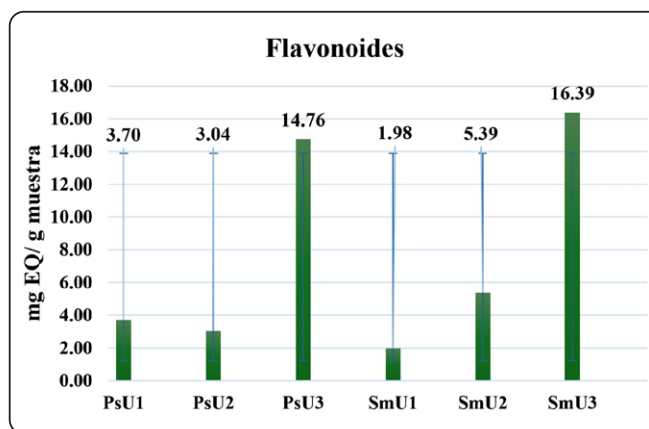


Figura 4. Los flavonoides de los extractos de *P. spp.* y de *S. molle* están representados en mg equivalente de quercetina / g muestra seca. Muestras y tratamientos en tiempo: SmU1, 15 min; SmU2, 30 min; SmU3, 60 min; PsU1 15 min; PsU2, 30 min; y PsU3, 60 min. Las muestras no son significativamente diferentes entre los tratamientos ($p < 0.05$).

superior (16.39 mg EQ/g). Aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0.05$), la tendencia sugiere que el US es un método que contribuye a una mayor eficacia en la extracción de metabolitos secundarios. Estos resultados son consistentes con lo reportado por Dirar *et al.*, 2019 la actividad biológica de los flavonoides depende de su estructura y del patrón de sustitución de los grupos hidroxilo, lo que explica la variabilidad entre especies. Asimismo, en Asati, 2022 se menciona que los extractos etanólicos crudos de *P. cineraria* presentan un alto contenido de flavonoides, polifenoles y saponinas con potencial antioxidante, lo que respalda la presencia de compuestos bioactivos en *P. spp.* (Dirar, Alsaadi, Wada, Mohamed, Watanabe & Devkota, 2019).

En el caso de *S. molle*, estudios recientes han identificado diversos flavonoides (quercetina, kaempferol y miricetina) mediante técnicas avanzadas de HPLC-DAD, lo que coincide con el mayor contenido observado en este trabajo. La diferencia metodológica es relevante: la microextracción sólido-líquido permite una caracterización detallada, el US representa una alternativa más rápida y accesible para obtener extractos ricos en flavonoides (Aschemacher, Siano, Teglia & Goicoechea, 2025).

▪ Polifenoles

En la Figura 5. Se observa que, al igual que en los flavonoides, el incremento en el tiempo de exposición en el US favoreció la extracción de los compuestos fenólicos totales, expresados como equivalentes del ácido gálico. A los 60 minutos, *P. spp.* tuvo un valor promedio de 11.34 mg EAG/g, y *S. molle* con un contenido ligeramente menor (9.96 mg EAG/g). Esta tendencia confirma que el US es una técnica eficaz para potenciar la extracción de los metabolitos secundarios, aunque las diferencias entre

especies sugieren que la composición de la matriz vegetal influye en la eficacia de la extracción. Los compuestos fenólicos son considerados uno de los constituyentes más relevantes en la dieta humana, debido a sus propiedades antioxidantes, sensoriales y antiinflamatorias (Kuppusamy, Thavamani, Megharaj, Nirola, Lee & Naidu, 2016; Valencia *et al.*, 2022). En este sentido, los valores obtenidos tanto de *P. spp.* y de *S. molle* respaldan su potencial como fuentes naturales de compuestos bioactivos con aplicaciones en alimentos funcionales y productos nutraceuticos. La diferencia entre ambas especies se atribuye a factores como la densidad celular, la presencia de lignina y la distribución de metabolitos en los tejidos, lo que condiciona la liberación de compuestos fenólicos durante la cavitación ultrasónica. Estudios previos demuestran que la eficiencia del US depende no solo del tiempo de exposición, sino también de la potencia aplicada y del tipo de solvente utilizado, variables que podrían optimizarse en futuros trabajos (Yuan *et al.*, 2025; Shehata *et al.*, 2025).

▪ DPPH

La prueba de DPPH es un método rápido y eficiente para evaluar el potencial antioxidante de los extractos vegetales de un gran número de muestras en un corto periodo de tiempo. En la Figura 6 se observa que, en *P. spp.* el porcentaje de inhibición es más alto que el de la muestra PsU1 (80.36%) a los 15 min de tratamiento, lo que sugiere que tiempos cortos de exposición en US favorecen la liberación de compuestos con alta capacidad antioxidante. En contraste, *S. molle* presentó porcentajes de inhibición significativamente menores entre 42.78% y 44.27% ($p < 0.05$), evidencia de que en esta especie el tiempo de extracción influye de manera directa en la actividad antioxidante. Estas diferencias interespecíficas son atribuibles

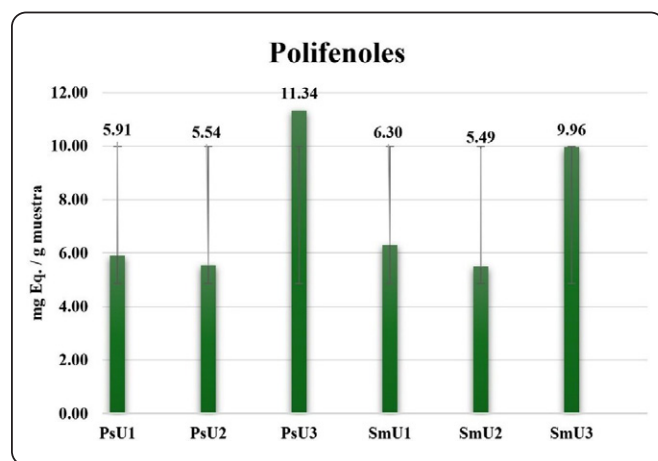


Figura 5. Los polifenoles en los extractos de *Prosopis* spp. y de *Schinus molle* representados en mg equivalente de ácido gálico / g muestra seca. Muestras y tratamientos en tiempo: SmU1, 15 min; SmU2, 30 min; SmU3, 60 min; PsU1, 15 min; PsU2, 30 min; PsU3, 60 min. Las muestras no son significativamente diferentes entre los tratamientos ($p < 0.05$).

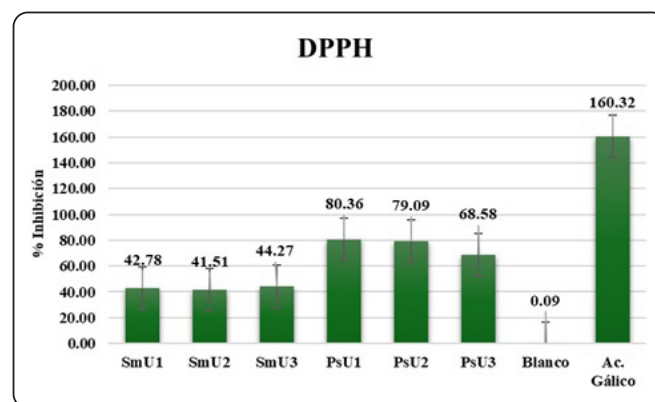


Figura 6. Resultados de la capacidad antioxidante de la prueba por DPPH en % de inhibición de los extractos etanólicos de *Schinus molle* y *Prosopis* spp. Muestras y tratamientos en tiempo: SmU1, 15 min; SmU2, 30 min; SmU3, 60 min; PsU1, 15 min; PsU2, 30 min; PsU3, 60 min, blanco y Ácido gálico como control positivo. Los valores que presentan superíndices difieren significativamente entre los tratamientos de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

a la composición química de cada especie, que depende de los factores ambientales de la región y del continente de origen, lo que afecta la presencia y la concentración de los metabolitos bioactivos (Martins, Arantes, Candeias, Tinoco & Cruz Morais, 2014). Asimismo, estudios recientes señalan que la actividad antioxidante no depende sólo de la cantidad de compuestos fenólicos y flavonoides, sino también de su estructura química, lo que condiciona la capacidad de donar electrones y neutralizar de esta manera los radicales libres (Lemmadi, Adoui, Dumas, Karoune, Santerre & Gharsallaoui, 2025). En conjunto, los resultados sugieren que *P. spp.*, posee un mayor potencial antioxidante en condiciones de extracción corta con US, a diferencia de *S. molle* que requiere tiempos más prolongados para optimizar su rendimiento.

▪ ABTS

En la Figura 7 se aprecia que los resultados para *P. spp.* fueron estadísticamente significativos de acuerdo con la prueba de Tukey ($p > 0.05$) en los tres tiempos de extracción, con porcentajes de inhibición entre 84.17 y 92.71. Estos valores permiten determinar que el tiempo de exposición en US influye directamente en la actividad antioxidante de la especie. En el caso de *S. molle*, el mayor porcentaje de inhibición se registró a 60 min de la extracción, con un valor de 86.77%, lo que confirma que largos periodos de extracción favorecen la liberación de compuestos con capacidad antioxidante. Al comparar con lo publicado, Jahromi *et al.*, analizaron el extracto de *P. farcta*, con un porcentaje de inhibición de 53.2%, lo que evidencia que los valores obtenidos a partir de los 30 min de extracción son considerablemente superiores (Jahromi Ali, Etemadfarid & Zebarjad, 2018). Por su parte, Volpini *et al.*, 2020 al evaluar la capacidad antioxidante de *S. molle* con los aceites vegetales de chía y cacahuete, vieron que en los

extractos se retardaba el proceso de oxidación por periodos prolongados de inducción (4.3 horas a una concentración de 2.5%). Estos hallazgos refuerzan el potencial de *S. molle* como aditivo natural inhibidor de la oxidación en matrices lipídicas, con aplicaciones directas en la industria alimentaria (Volpini *et al.*, 2020).

CONCLUSIONES

El análisis fitoquímico reveló que los extractos de *P. spp.* y *S. molle* obtenidos por US contienen los siguientes compuestos bioactivos: azúcares reductores, saponinas, taninos y cumarinas, además de fenoles y flavonoides. Así mismo se determinó la actividad antioxidante por %DPPH y %ABTS y el tiempo de extracción no afectó de manera cualitativa la cantidad de compuestos bioactivos obtenidos, por esto en extracciones futuras es posible emplear el menor tiempo, es decir, 15 minutos, para optimizar el proceso. Respecto a la actividad antioxidante, los mayores porcentajes se registraron en PsU3 (92.71% ABTS) y en PsU1 (80.36% DPPH), en lo que se refiere a SmU3 los valores fueron de 86.77% ABTS y 44.27% DPPH. En cuanto al contenido de polifenoles y flavonoides, las concentraciones más altas correspondieron a SmU3 (9.96 y 16.39 mg Eq. /g muestra, respectivamente) y PsU3 (11.34 y 14.76 mg Eq. /g muestra, respectivamente). Cabe mencionar que los extractos analizados integran varias partes de la planta, hojas, ramas, flores y semillas, lo que representa un aporte novedoso, ya que la literatura disponible menciona sólo órganos de la planta individuales. Esta perspectiva integral permite analizar el efecto sinérgico de los compuestos bioactivos presentes en un solo extracto, sin embargo, es esencial profundizar en el tamizaje mediante técnicas de cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC) para hacer una mejor caracterización e identificación de cada compuesto bioactivo. Finalmente, con los compuestos identificados y las propiedades observadas, los extractos presentan un alto potencial de aplicación dentro de la industria alimentaria, farmacéutica o cosmética, gracias a sus efectos antiinflamatorios, antioxidantes y anticoagulantes.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Autónoma de Coahuila, a la Facultad de Ciencias Químicas, al Doctorado en Ciencias en Biotecnología, al Cuerpo Académico de Ciencia y Tecnología de Polímeros y al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías, por la beca otorgada a M.C. Alma Rosa Torres Rodríguez.

REFERENCIAS

Asati, V., Deepa, P. R. & Sharma, P. K. (2022). Desert legume *Prosopis cineraria* as a novel source of antioxidant flavonoids / isoflavonoids: Biochemical characterization of edible pods for potential functional food development. *Biochemistry and Biophysics Reports*, **29**, 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.0062abrep.2022.101210>

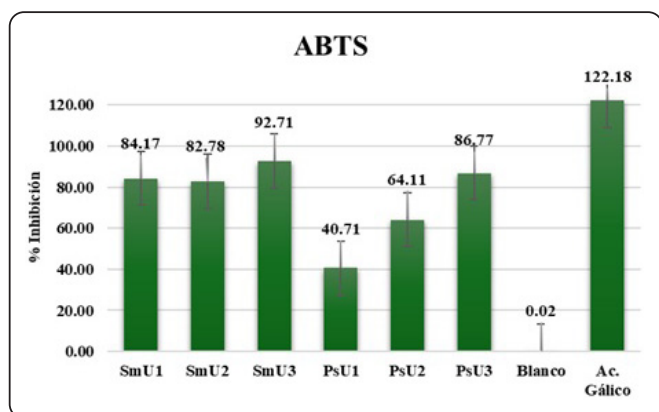


Figura 7. Resultados de la capacidad antioxidante con la prueba ABTS en % de inhibición de los extractos etanólicos de *S. molle* y *P. spp.* Muestras y tratamientos en tiempo: SmU1, 15 min; SmU2, 30 min; SmU3, 60 min; PsU1, 5 min; PsU2, 30 min; PsU3, 60 min; blanco y Ácido gálico como control positivo. Los valores que presentan superíndices difieren significativamente entre los tratamientos de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

- Aschemacher, N. A., Siano, Á. S., Teglia, C. M. & Goicoechea, H. C. (2025). Development, optimization and comparison of solid-liquid and liquid-liquid microextraction for the determination of four flavonols in *Schinus molle* L. using high-performance liquid chromatography coupled with second-order data modeling. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, **417**(7), 1381-1392. <https://doi.org/10.1007/s00216-024-05700-3>
- Aranda Ledesma, N. E., Rojas Molina, R., Robledo Jiménez, C. L. & Martínez Ávila, G. C. G. (2024). Fitoquímicos antioxidantes: el caso de *Jatropha dioica*, *Flourensia cernua*, *Larrea tridentata*, *Turnera diffusa* and *Euphorbia antisiphylitica*. *TECTZAPIC. Revista Científica y Tecnológica*, **10**(1), 56. [https://doi.org/file:///C:/Users/almat/Downloads/Dialnet-FitoquimicosAntioxidantesElCasoDeJatrophaDioicaFlo-9764440%20\(5\).pdf](https://doi.org/file:///C:/Users/almat/Downloads/Dialnet-FitoquimicosAntioxidantesElCasoDeJatrophaDioicaFlo-9764440%20(5).pdf)
- Aronés Jara, M., Cárdenas Landeo, E., Luna Molero, H., Barbarán Vilcatoma, S. & Gómez Quispe, M. (2022). Tamizaje fitoquímico, contenido de compuestos fenólicos y potencial antioxidante de trece plantas medicinales de los afloramientos rocosos del bosque de piedras de huaraca en Perú. *Sociedad Química de Perú*, **88**, 166 -167. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v88i2.388>
- Castillo Mendoza, B. E., Cajas Palacios, M. P., Montoya Vizuite, S. N. & García Larreta, F. S. (2022). Actividad Antioxidante, Polifenoles Totales y Tamizaje Fitoquímico de Chilangua (*Eryngium foetidum*). *RECIAMUC*, **6**(3), 480-489. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.\(3\).julio.2022.480-489](https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(3).julio.2022.480-489)
- Chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A. G., Meullemiestre, A., Fabiano Tixier, A. S. & Abert Vian, M. (2017). Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, **34**, 540-560. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.06.035>
- Dirar, A. I., Alsaadi, D. H. M., Wada, M., Mohamed, M. A., Watanabe, T. & Devkota, H. P. (2019). Effects of extraction solvents on total phenolic and flavonoid contents and biological activities of extracts from Sudanese medicinal plants. *South African Journal of Botany*, **120**, 261-267. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.07.003>
- Fajardo Contreras, J. D., Sánchez Plaza, F. A., Dueñas Rivadeneira, J. P. & Dueñas Rivadeneira, A. A. (2022). Extracción asistida por ultrasonido y su aplicación en la obtención de aceites vegetales. *Revista Centro Azúcar*, **49**(4), 127. <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v49n4/2223-4861-caz-49-04-125.pdf>
- Ferreira Benitez, F., Vicentini Correia, M., Mendes Arrua, M., Acosta Fernández, A. & Martínez, M. (2023). Estudio químico-biológico del extracto crudo etanólico de hojas del *Schinus weinmanniifolia* Mart. Ex Engl (*Molle*) de la localidad de Pirareta (Cordillera, Paraguay). *Reportes científicos de la FACEN*, **14**, 11-24. <https://doi.org/10.18004/refacen.2023.14.1.11>
- García Azepeitia, L., Montalvo González, E. & Loza Cornejo, S. (2022). Caracterización nutricional y fitoquímica de hojas, flor y fruto de *Prosopis laevigata*. *Botanical Sciences*, **100**(4), 1014-1024. <https://doi.org/10.17129/botsci.3000>
- Guzmán Chávez, M. G. (2017). Interculturalidad en torno al uso del peyote. Un patrimonio biocultural en condición de ilegalidad. *Alteridades*, **27**(53), 95. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-70172017000100095&script=sci_arttext
- Jahromi Ali, M., Etemadfar, H. & Zebardad, Z. (2018). “Características antimicrobianas y antioxidantes de los componentes volátiles y del extracto etanólico de *Prosopis farcta* (Bank y Soland)”. *Tendencias en las Ciencias Farmacéuticas*, **4** (3), 177-186.
- Kuppusamy, S., Thavamani, P., Megharaj, M., Nirola, R., Lee, Y. B. & Naidu, R. (2016). Assessment of antioxidant activity, minerals, phenols and flavonoid contents of common plant/ tree waste extracts. *Industrial Crops and Products*, **83**, 630-634. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.12.060>
- Lemmadi, S., Adoui, F., Dumas, E., Karoune, S., Santerre, C. & Gharsallaoui, A. (2025). Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of Phenolic Compounds from the Aerial Part of Plants in the Chenopodiaceae Family Using a Box-Behnken Design. *Applied Sciences*, **15**(9), 4688. <https://doi.org/10.3390/app15094688>
- Martínez López, G., Guízar Nolasco, E., Villanueva Morales, A. & Palacios Rangel, M. I. (2021). Usos locales y tradición: Estudio etnobotánico de plantas útiles en San Pablo Cuatro Venados (Valles Centrales, Oaxaca). *Polibotánica*, **0**(52), 195. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.52.13>
- Martins, M. D. R., Arantes, S., Candeias, F., Tinoco, M. T. & Cruz Morais, J. (2014). Antioxidant, antimicrobial and toxicological properties of *Schinus molle* L. essential oils. *Journal of Ethnopharmacology*, **151**(1), 485-492. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.10.063>
- Molina Guerra, V., Cervantes Balderas, J., Soto Mata, B., Alanís Rodríguez, E., Marroquín Castillo, J. & Sarmiento Muñoz, T. (2017). Composición y estructura del matorral desértico rosetófilo del sureste de Coahuila, México, *Polibotánica*, **44**, 67-77. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.44.5>
- Montejo Rodríguez, J. & Almaguer Vargas, G. (2023). Tamizaje fitoquímico del extracto etanólico de *Prunella vulgaris* L. *Salud y Educación. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, **11**(22), 33-39. <https://doi.org/10.29057/icsa.v11i22.10320>
- Moreira Valdez, R., Canales Gutiérrez, E., Rumayor Rodríguez, O., Leal Reyes, M. & Rodríguez Mendoza, J. (2017). *Programa Estatal Medio Ambiente 2011- 2017 (Programa Estatal de Medio Ambiente 2011-2017)*. Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza.
- Murrieta Dionicio, U., Medrano Hernández, J. M., Guerra Ramírez, D. & Valle Guadarrama, S. (2023). Composición de aceite esencial de hojas de *Schinus molle* L. afectada por el tiempo de extracción y escalamiento del proceso. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*,

- 29(2)**, 25-40. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2022.04.027>
- Pujol García, A., Tamargo, B., Salas, E., Calzadilla, C., Acevedo, R. & Sierra, G. (2020). Tamizaje fitoquímico de extractos obtenidos de la planta *Sapindus saponaria* L que crece en Cuba. *Revista Bionatura*, **3(5)**, 1209–1211. DOI: 10.21931/RB/2020.05.03.7
- Ramírez Rojo, M. I., Vargas-Sánchez, R. D., Hernández Martínez, J., Martínez Benavidez, E., Sánchez Escalante, J. J., Torrescano Urrutia, G. R. & Sánchez Escalante, A. (2019). Actividad antioxidante de extractos de hoja de mezquite (*Prosopis velutina*). *Biotechnia*, **21(1)**, 113. <http://biotechnia.unison.mx>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (1996). Norma oficial mexicana nom-008-semarnat-1996, que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de cogollos. (NOM-008-SEMARNAT-1996). Diario Oficial de la Federación. https://platiica.economia.gob.mx/normalizacion/wp-content/uploads/sites/2/PDF_Normas_Publicas/008-recn.pdf
- Shehata, M., El, G., Sharaf, M., Kalaba, M. & Shaban, A. (2025). Phytochemical analysis, antimicrobial, antioxidant, and cytotoxicity activities of *Schinus molle* (L.) extracts. *Biomass Conversion and Biorefinery*, **15(3)**, 3753-3770. <https://doi.org/10.1007/s13399-024-05301-1>
- Suárez Guerra, L. & Mederos Vega, V. R. (2011). Apuntes sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Tendencias actuales. *Cultivos Tropicales*, **32(3)**, 27. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&piid=S0258-59362011000300004
- Valencia, D., Rueda Puente, E., Peralta Leyva, M., Mazón López, S. & Ortega García, J. (2020). Compuestos bioactivos, actividad antioxidante y perfil de ácidos grasos en aceite de semilla de Mezquite (*Prosopis* spp.). *Revista de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición*, **1(70)**, 50–51. DOI: 10.37527/2020.70.1.006
- Villarreal Quintanilla, J. A., Bartolomé Hernández, J. A., Estrada Castillón, E., Ramírez Rodríguez, H. & Martínez Amador, S. J. (2017). El elemento endémico de la flora vascular del Desierto Chihuahuense. *Acta Botánica Mexicana*, **118**, 65-96. <https://doi.org/10.21829/abm118.2017.1201>
- Vidal Gutiérrez, M., Torres Moreno, H., Velázquez Contreras, C., Rascón Valenzuela, L. & Robles Zepeda, R. E. (2020). Actividad antioxidante y antiproliferativa de seis plantas medicinales del Noroeste de México. *Biotechnia*, **22(3)**, 40-45. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v22i3.1169>
- Villaseñor, J., Encina, J., Estrada, E., Hinton, G., Mora, A., Ortiz, E. & Villarreal, J. (2023). Diversidad florística de la región noreste de México, estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. *Botanical Sciences*, **101(4)**, 1301-1319. <https://doi.org/10.17129/botsci.3328>
- Volpini Klein, A., Silva, C., Fernandes, S., Nicolau, C., Cardoso, C., Fiorucci, A. & Simionatto, E. (2020). Effect of leaf and fruit extracts of *Schinus molle* on oxidative stability of some vegetables oils under accelerated oxidation. *Grasas y Aceites*, **71(3)**, 2. <https://doi.org/10.3989/gya.0456191>
- Yuan, H., Xie, C., Ma, Y., Miao, Y., Chen, X., Gong, H. & Wang, J. (2025). Optimization and Component Identification of Ultrasound-Assisted Extraction of Polyphenols from Coriander (*Coriandrum sativum* L.) and Evaluation of Polyphenol Content Changes and Antioxidant Activity During Storage. *Separations*, **12(8)**, 217. <https://doi.org/10.3390/separations12080217>