

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS DE HOJA DE MEZQUITE (*Prosopis velutina*)

ANTIOXIDANT ACTIVITY OF MESQUITE LEAF EXTRACTS (*Prosopis velutina*)

Margarita Irene Ramírez-Rojo¹, Rey David Vargas-Sánchez¹, Javier Hernández-Martínez², Evelin Martínez-Benavidez², José Jesús Sánchez-Escalante³, Gastón Ramón Torrescano-Urrutia¹, Armida Sánchez-Escalante^{1*}

¹ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Carretera Gustavo Enrique Astiazarán Rosas No. 46, Colonia La Victoria, Hermosillo, Sonora, 83304, México.

² Universidad Veracruzana (UV). Dr. Luis Castelazo Ayala S/N, Xalapa, Veracruz, 91190, México.

³ Universidad de Sonora (USON). Blvd. Luis Encinas y Rosales S/N, Hermosillo, Sonora, 83000, México.

RESUMEN

El mezquite (*Prosopis velutina*) es una planta tradicionalmente utilizada por el hombre y animales como alimento en ciertas regiones de México. Además, también es considerada medicinal debido a que posee ciertas propiedades biológicas, las cuales son atribuidas a la presencia de fitoquímicos como los compuestos fenólicos. El objetivo fue evaluar la composición y actividad antioxidante de extractos de hoja de mezquite obtenidos con diferentes solventes. Los extractos se obtuvieron utilizando como solventes de extracción, agua (EAM), etanol y agua (1:1) (EAEM) y etanol (EEM); una vez obtenidos se evaluaron determinando presencia de posibles compuestos tóxicos (alcaloides, cianógenos y saponinas); el contenido de fenoles y flavonoides totales (CFT y CFvT); así como la actividad antioxidante de los extractos mediante la inhibición del radical DPPH• y el poder reductor (FRAP). Los resultados mostraron que en los extractos no se encontró la presencia de compuestos tóxicos; que los valores más altos de rendimiento de extracción fueron para el EAEM (21.4%); y que el mayor CFT y CFvT (> 50 mg/g), así como la actividad antioxidante la presentó el EEM (34%). Por lo que, el EEM pudiera ser utilizado como aditivo en la industria farmacéutica o como ingrediente en la formulación de alimentos.

Palabras claves: *Prosopis*, compuestos fenólicos, actividad antioxidante, hojas de mezquite

ABSTRACT

Mesquite (*Prosopis velutina*) is a plant traditionally used by humans and animals as food in certain regions of Mexico. In addition, it is considered medicinal because of its specific biological properties, which are attributed to the presence of phytochemicals such as phenolic compounds. The aim was to evaluate the composition and antioxidant activity of mesquite leaf extracts obtained with different solvents. The extracts were obtained using water (WME), ethanol and water (EWME), and ethanol (EME) as extraction solvents. Once obtained, the extracts were evaluated by determining the presence of possible toxic compounds (alkaloids, cyanogens, and saponins), total phenolic and flavonoid content (TPC and TFC), and antioxidant activity according to DPPH• radical

inhibition and reducing power (FRAP). The results showed that toxic compounds were not present in the extracts. The highest extraction yield values were found for EWME (21.4%). The highest (> 50 mg/g) TPC, TFC, and antioxidant activity were achieved by EME (34%). Therefore, EME could be used as an additive in the pharmaceutical industry or as an ingredient in food formulation.

Keywords: *Prosopis*, phenolic compounds, antioxidant activity, mesquite leaves

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se han realizado un gran número de investigaciones en la búsqueda de nuevos ingredientes de origen natural para la creación de aditivos con actividad antioxidante y ser utilizados en el desarrollo de nuevos productos alimenticios (Falowo *et al.*, 2014). Esto es debido a que algunos antioxidantes disponibles comercialmente, y que son utilizados para la conservación de los alimentos, son de origen sintético (butilhidroxianisol, BHA; butilhidroxitolueno, BHT; terbutilhidroquinona, TBHQ; entre otros), los cuales al ser añadidos en concentraciones inadecuadas son considerados potencialmente tóxicos y asociados a problemas relacionados con la salud (Poljsak *et al.*, 2013). Por lo tanto, en base a la necesidad existente por la obtención de nuevos agentes conservadores naturales y seguros, uno de los principales objetivos de la industria farmacéutica y de los alimentos es el desarrollo de aditivos a partir de ciertas especies de plantas medicinales y comestibles, capaces de reducir o inhibir la formación de radicales libres, los cuales están estrechamente asociados con enfermedades, incluyendo cáncer, aterosclerosis y diabetes (Fernández-Ginés *et al.*, 2005); y con reacciones de oxidación de lípidos, que junto con el deterioro microbiano son la causa principal de pérdida de calidad en los alimentos (Faustman *et al.*, 2010).

El conocimiento de la medicina tradicional basada en el uso de plantas es una alternativa natural en la obtención de fármacos, y podría ser una estrategia para la obtención de compuestos bioactivos que puedan utilizarse como agentes conservadores de alimentos (Bajpai *et al.*, 2005). En diversas investigaciones se ha reportado el uso de plantas del desi-

*Autor para correspondencia: Armida Sánchez-Escalante
Correo electrónico: armida-sanchez@ciad.mx

Recibido: 27 de febrero de 2018

Aceptado: 28 de mayo de 2018

erto, entre ellas las familias Krameriaceae, Viscaceae, Loranthaceae, Phytolaccaceae y Fabaceae, contra padecimientos como diarrea, colitis, enteritis, dolor de cabeza, rabia, varicela, enfermedades del riñón y el hígado, sarampión, cáncer, entre otras (Harlev *et al.*, 2012; Jiménez-Estrada *et al.*, 2013). Respecto a plantas de la familia Fabaceae, estas han mostrado potencial para su consumo, tanto animal como humano, en zonas desérticas, tal es el caso del mezquite (Almanza y Moya, 1986).

El matorral del desierto de Sonora y espinoso cubren gran parte del noroeste de México, con numerosos árboles pertenecientes a las plantas fabáceas, entre las que se consideran herbáceas, arbustos y árboles (Robinson, 1898). Estas plantas con flores son conocidas por ser las fuentes más visitadas por las abejas para la producción de miel, cera y propóleos (Prabha *et al.*, 2014). En un trabajo previo Vargas-Sánchez *et al.* (2016), en el que se estableció la importancia de estas plantas en la elaboración de productos apícolas, se reporta que en la región central del municipio de Ures Sonora, México, la vegetación es dominada por especies subtropicales pertenecientes a las familias Fabaceae (18.5%), Cactaceae (10.2%), Malvaceae (8.3%), Asteraceae (6.5%), entre otras. Específicamente, de la familia Fabaceae se encontraron los géneros *Acacia* spp., *Caesalpinia* spp., *Mimosa* spp., *Olneya* spp. y *Prosopis* spp., entre otros.

Por otra parte, en algunas investigaciones se ha encontrado que los extractos obtenidos de cáscara, vainas, polen y hojas de plantas del género *Prosopis* spp. (*P. alba*, *P. chilensis*, *P. juliflora* y *P. tanarugo*) poseen propiedades biológicas, entre las que se mencionan actividad antifúngica, antimicrobiana, analgésica, citotóxica, antiinflamatoria, antitumoral, antiviral, antialérgica, antidiarreica, antidiabética y antioxidante, las cuales están relacionadas con la presencia de alcaloides y compuestos fenólicos; de estos últimos se reportan apigenina, catequina, juliflorina, quercetina, kaempferol y mezquitol (SivaKuamara *et al.*, 2009; Prabha *et al.*, 2014).

En base a lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo obtener extractos de hoja de mezquite (*Prosopis velutina*) utilizando diferentes solventes, y evaluar su composición de fitoquímicos y compuestos tóxicos, así como sus propiedades antioxidantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y reactivos

Las hojas de mezquite (*Prosopis velutina*) fueron colectadas en la región de Rancho Viejo (29°7'19.72"N, 110°16'58.35" W; 476 m a.s.l.) dentro del municipio de Ures Sonora, México. Esta localidad presenta características de clima desértico, aunque en términos de precipitación anual, el clima local puede definirse como semiárido (INEGI, 2012). La identificación botánica de las plantas fue llevada a cabo por especialistas del Herbario de la Universidad de Sonora (Departamento de Investigación Científica y Tecnológica), la cual tiene asignado el número de catálogo 26120.

Todos los reactivos químicos utilizados fueron grado analítico. El reactivo de Folin-Ciocalteu, carbonato de sodio (Na_2CO_3), 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH), etanol, ácido acético glacial, acetato de sodio, éster fenilico del ácido cafeico (CAPE), sulfato de hierro (II) heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), rutina, butilhidroxitolueno (BHT), cloruro de aluminio (AlCl_3), ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico (Trolox), ácido ascórbico (vitamina C), reactivo Drangerdoff y ácido gálico fueron marca Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, USA); el ácido clorhídrico y el metanol se adquirieron de Merck (Bush, Suiza); mientras que el reactivo 4,4,6-tripiridil-S-triazina-TPTZ se adquirió de la marca Fluka Chemie AG (Bush, Suiza).

Obtención de extractos

Las hojas de mezquite fueron secadas a temperatura ambiente (35 °C) durante una semana, y pulverizadas (20 Mesh) en un molino eléctrico para granos, para posteriormente obtener los extractos por el método descrito por Tolosa y Cañizares (2002), con ligeras modificaciones. La obtención de extractos se realizó por extracción asistida con ultrasonido (25 °C/42 Hz/30 min) utilizando 20 g del polvo con 180 mL de solvente de extracción (agua, etanol y agua-etanol, 1:1). Posteriormente, las muestras fueron centrifugadas (5000 x g durante 10 min), y el sobrenadante obtenido se filtró (Whatman No 4), concentró (35 °C) utilizando un evaporador rotatorio (BÜCHI R-200, Flawil, Suiza) y nitrógeno líquido. Los extractos obtenidos (extracto acuoso de hoja de mezquite, EAM; extracto etanólico de hoja de mezquite, EEM; extracto acuoso-etanólico de hoja de mezquite, EAEM) se almacenaron a -20 °C, hasta su análisis.

Análisis de compuestos tóxicos

El perfil cualitativo de fitoquímicos potencialmente tóxicos, en todos los extractos, se determinó de acuerdo a los métodos descritos por Samejo *et al.* (2011; 2013), para el análisis de compuestos alcaloides y saponinas, con ligeras modificaciones. Para la determinación de alcaloides, los extractos de hojas de mezquite (5 mL, 5 mg/mL) se homogenizaron con 2 mL de HCl 2 N y se hirvieron durante 10 min. La solución se enfrió y filtró, posteriormente se agregaron 100 µL del reactivo de Drangendorff. La formación de un precipitado color marrón indica la presencia de alcaloides. Mientras que la determinación de saponinas consistió en agitar los extractos de hojas de mezquite (5 mL, 5 mg/mL) durante 3 min a temperatura ambiente, y para establecer la presencia de este grupo de compuestos se observa la persistencia de espuma en la solución.

Por otro lado, para la determinación de cianógenos, se coloca una alícuota de 100 µL de extracto (5 mg/mL) en una hoja de papel previamente impregnada con el reactivo de Grignard. El cambio de color rojo-rosa indica la presencia de cianógenos (Nuñez *et al.*, 2015).

Contenido de fenoles totales

El CFT de los extractos se determinó de acuerdo al método descrito por Ainsworth y Gillespie (2007). Alícuotas de cada extracto (10 µL, 5 mg/mL) se homogenizaron con 40 µL de reactivo Folin-Ciocalteu (0.25 N), 60 µL de Na₂CO₃ (7%, p/v) y 80 µL de agua destilada. Posteriormente, la mezcla de reacción se incubó durante 1 h a temperatura ambiente, en ausencia de luz. La absorbancia se midió a 750 nm en un espectrofotómetro (Multiskan™ go Thermo Fisher Scientific, Vantaa, Finlandia). Los resultados fueron expresados como mg equivalentes de ácido gálico/g de extracto seco (mg EAG/g).

Contenido de flavonoides totales

El contenido de flavonoides fue reportado en términos de flavonas y flavonoles (CFF) y se midió en función de la formación de complejos de cloruro de aluminio (Popova *et al.*, 2004). Alícuotas de cada extracto (10 µL, 5 mg/mL) se homogenizaron con 130 µL de metanol y 10 µL de AlCl₃ (5%, p/v). La mezcla de reacción se incubó durante 30 min a temperatura ambiente, en condiciones de oscuridad. La absorbancia se midió a 412 nm en un espectrofotómetro. Los resultados fueron expresados como mg equivalentes de rutina/g de extracto seco (mg ER/g).

Actividad antiradical

La actividad antiradical de los extractos se evaluó mediante el método descrito por Molyneux (2004). Los extractos (100 µL, 100 µg/mL) se homogenizaron con 100 µL de solución de DPPH• (300 µmol). La mezcla de reacción se incubó durante 30 min a temperatura ambiente, en ausencia de luz. Los compuestos vitamina C, CAPE y Trolox fueron utilizados como estándares de referencia (70 µM). Los resultados fueron expresados en porcentaje y la capacidad de los extractos para inhibir radicales DPPH• se calculó de la siguiente manera:

$$\%DPPH\bullet = [1 - (\text{Abs E} - \text{Abs B}/\text{Abs B}) \times 100]$$

Donde Abs E es la absorbancia del extracto a los 30 min de incubación y Abs B es la absorbancia del blanco a t=0 min.

Poder reductor

El poder reductor férrico-antioxidante (FRAP) se determinó de acuerdo a lo establecido por Benzie y Strain (1999). Los extractos (5 µL, 5 mg/mL) se mezclaron con 100 µL de solución FRAP (10:1:1, bufer de acetato de sodio 300 mM en ácido acético glacial pH 3.6; 4,4,6-tripiridil-5-triazina-TPTZ 10 mM en 40 nM de HCl; FeCl₃ 20 mM). La mezcla resultante se incubó durante 8 min en la oscuridad y se midió la absorbancia a 595 nm en un espectrofotómetro. Los compuestos vitamina C y BHT fueron utilizados como estándares de referencia (70 µM). Los resultados obtenidos fueron expresados como µmol de Fe²⁺/g de extracto.

Análisis estadístico

En este trabajo todos los análisis se llevaron a cabo

por triplicado y los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza de una vía. Las diferencias fueron analizadas a través de una prueba de comparación de medias (Tukey-Kramer), cuando se encontró un efecto de tratamiento significativo ($P < 0.05$). Además, se realizó un análisis de correlación entre los parámetros evaluados utilizando como prueba el coeficiente de correlación de Pearson (NCSS, 2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Algunas investigaciones demuestran que ciertos fitoquímicos tóxicos entre los que se encuentran compuestos de naturaleza alcaloidea, cianógena y saponínica, pueden estar presentes en flores, raíces, tallos, frutos, semillas y hojas de plantas comestibles y no comestibles (Jadhav *et al.*, 1981; Samejo *et al.*, 2011; 2013; Nuñez *et al.*, 2015; Ibarra-Rivera *et al.*, 2018), lo cual puede ser un factor negativo al utilizarlos, tanto para consumo animal como humano, y en la obtención de extractos de origen natural con potencial como aditivo farmacéutico o ingrediente natural en los alimentos (Nuñez *et al.* 2015). Los resultados del análisis de posibles fitoquímicos tóxicos en los extractos obtenidos de hoja de mezquite *P. velutina* (EAM, EAEM y EEM) indican la ausencia de estos fitoquímicos tóxicos (Tabla 1). En un trabajo realizado por Sathiya y Muthuchelian (2008) se obtuvieron extractos etanólicos de hoja de mezquite (*P. juliflora*), en los cuales se reporta la presencia de alcaloides, mientras que la presencia de saponinas fue negativa. En acuerdo con nuestros resultados, Becker y Grosjean (1980), sometieron a autólisis e hidrólisis (ácido pírico y α-glucosidasa) muestras de semilla y pericarpio de *P. glandulosa* y *P. velutina* durante 6 y 16 h, con la finalidad de evaluar la presencia de glucósidos cianogénicos, encontrando en sus resultados la ausencia de este grupo de compuestos. Por lo anterior, los resultados indican que los extractos obtenidos a partir de *Prosopis* spp. pueden ser reconocidos con la denominación GRAS o "Generalmente reconocidos como seguros" (FDA, 2011).

La recuperación de compuestos antioxidantes de plantas se lleva a cabo comúnmente con diferentes técnicas de extracción, y tomando en consideración la distribución en la planta, ya que los compuestos fenólicos solubles están presentes en concentraciones más altas hacia el exterior que hacia el interior de los tejidos de las plantas. La extracción con solvente es la técnica más frecuentemente usada para

Tabla 1. Perfil de fitoquímicos tóxicos presentes en los extractos de hojas de mezquite.

Table 1. Toxic phytochemicals profile in the mesquite leaves extracts.

Fitoquímicos	Extractos		
	EAM	EAEM	EEM
Alcaloides	(-)	(-)	(-)
Cianógenos	(-)	(-)	(-)
Saponinas	(-)	(-)	(-)

(+) presencia, (-) ausencia.

aislar compuestos antioxidantes de las plantas; sin embargo, los rendimientos de extracción y la actividad antioxidante son altamente dependientes de la naturaleza del solvente utilizado, debido a la presencia de diferentes compuestos antioxidantes en el material de origen, lo cual depende de las características químicas y de la polaridad. Por ello, los solventes polares son los que con mayor frecuencia se emplean en la recuperación de polifenoles de las plantas (Sultana et al., 2009).

En este estudio los rendimientos de obtención en los extractos de hoja de mezquite, en los que se utilizaron como solventes agua, etanol-agua y etanol fueron $18.7 \pm 1.9\%$, $21.4 \pm 0.7\%$ y $6.5 \pm 2.1\%$, respectivamente. Estos valores son superiores a los reportados para hoja de *P. laevigata* cuyos valores oscilaron entre 3.6 y 18.2% (García-Andrade et al., 2013). Adicionalmente, en un trabajo realizado por Singh (2012), se determinaron los rendimientos de obtención de los extractos de las diferentes partes de la planta de *P. juliflora*, tales como hojas, yemas, vainas, flores y raíces, y utilizando diferentes solventes. Los resultados obtenidos para hojas fueron: etanol (11.26%) > agua (9.94%) > cloroformo (5.7%) > hexano (2.62%) > acetona (1.92%); resultados que no coinciden con los de nuestro estudio, ya que el mayor rendimiento fue para la mezcla etanol:agua, y el menor para etanol. Tampoco coinciden con los encontrados por Badri et al. (2017), quienes utilizaron etanol para la obtención de extractos de hojas de *P. juliflora*, obteniendo un rendimiento de 22.1%. Cabe señalar que es posible que las diferencias en los rendimientos estén dadas porque los extractos estudiados no fueron liofilizados como es el caso del presente estudio.

Por otra parte, las plantas producen una extraordinaria diversidad de metabolitos de origen fenólico, que en concentraciones adecuadas pueden ser considerados seguros; estos compuestos contienen uno o más residuos hidroxilos ácidos unidos a un anillo aromático fenólico (Lörliger, 1991). Para la cuantificación de estos compuestos contenidos en alimentos o muestras biológicas, existen métodos basados en la reacción de los mismos con un reactivo colorimétrico, que permite la medición en la porción visible del espectro (Popova et al., 2004; Ainsworth y Gillespie, 2007). Los resultados de CFT y CFvT de los extractos de hojas de mezquite se presentan en la Figura 1 A y B, respectivamente. Estos resultados muestran que para ambos casos el CFT y CFvT se presentó en el siguiente orden: EEM > EAEM > EAM. El CFT fue > 50 mg EAG/g para todos los extractos, siendo el EEM el que presentó un CFT > 75 mg EAG/g ($P < 0.05$). Respecto al CFvT, los EAM y EAEM mostraron valores < 50 mg ER/g, siendo el EEM el que presentó un CFvT significativamente ($P < 0.05$) > 100 mg ER/g.

En acuerdo con nuestros resultados, García-Andrade et al. (2013) reportan que la polaridad juega un papel importante en la extracción de CFT de hojas de mezquite, > 100 mg EAG/g para extractos metanólicos, > 70 mg EAG/g para extractos acetónicos, y > 45 mg EAG/g para extractos metanólicos-acuosos y acuosos. Además, la norma Argentina (IRAM, 2004) establece que la concentración mínima de

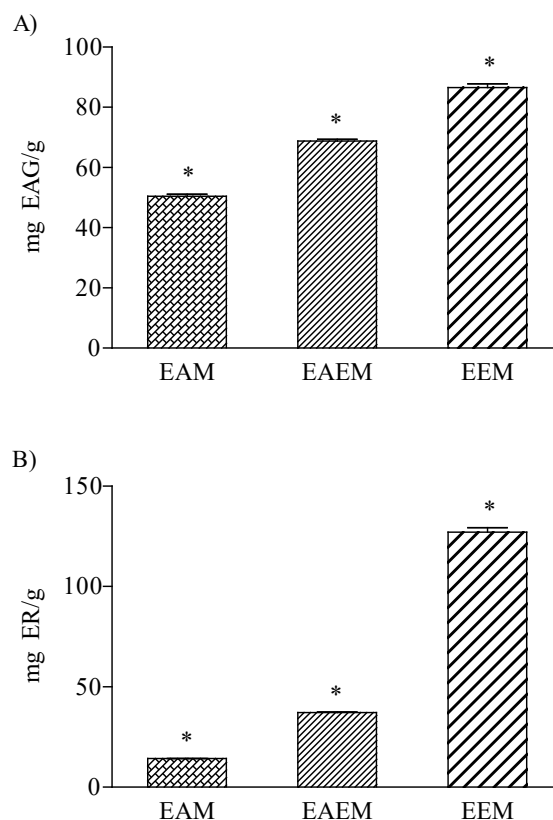


Figura 1. Contenido de fenoles (A) y flavonoides totales (B) de los extractos de hoja de mezquite. Las diferencias entre los tratamientos son marcadas con asterisco ($P < 0.05$).

Figure 1. Total phenolic (A) and flavonoids (B) content of the mesquite leaf extracts. The differences between the treatments are marked with asterisk ($P < 0.05$).

compuestos fenólicos y flavonoides en extractos de origen natural, para ser considerados biológicamente activos, deberán contener 50 mg EAG/g y 5 mg ER/g, respectivamente; lo cual indica que los extractos obtenidos de hojas de mezquite de este estudio cumplen con los requisitos de calidad establecidos por esta normatividad.

La actividad biológica de los extractos obtenidos de las plantas, entre las que destaca la actividad antioxidante, es ampliamente conocida y está asociada a la presencia de compuestos fenólicos, los cuales poseen la capacidad de actuar como secuestradores de radicales libres y quelantes de iones metálicos (Ainsworth y Gillespie, 2007; Xoca-Orozco et al., 2018). Los resultados de la actividad antioxidante (actividad antiradical DPPH• y poder reductor) de los extractos de hojas de mezquite obtenidos con diferentes solventes en comparación con estándares de referencia se incluyen en la Figura 2 A y B, respectivamente. Los resultados muestran que la actividad antiradical DPPH• de los extractos se presentó en el siguiente orden EEM > EAEM > EAM; siendo el EEM el que presentó la mayor ($P < 0.05$) actividad antiradical DPPH• (> 25% de inhibición). Los estándares de referencia vitamina C, CAPE y Trolox presentaron valores de inhibición del radical DPPH• superiores al 80%. En acuerdo con nuestro estudio,

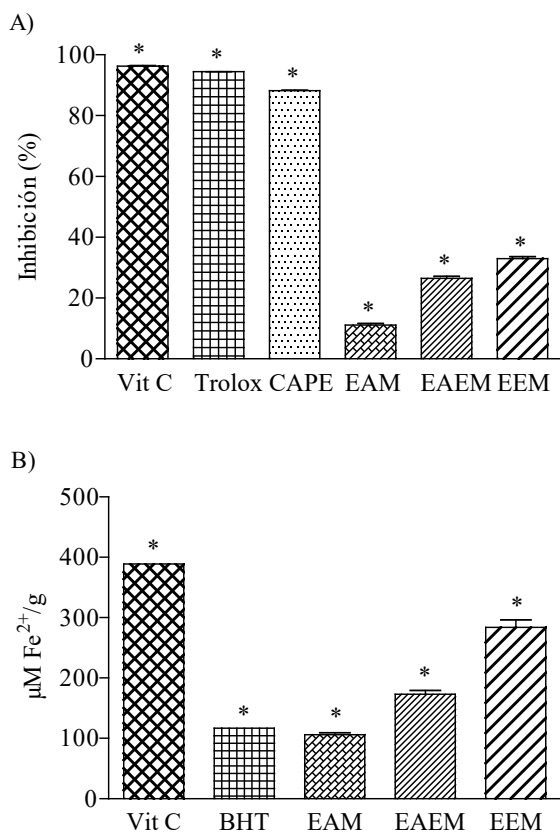


Figura 2. Actividad antiradical DPPH• (A) y poder reductor (B) de los extractos de hoja de mezquite. Las diferencias entre los tratamientos son marcadas con asterisco ($P < 0.05$).

Figure 2. Antiradical DPPH• activity (A) and reducing power (B) of the mezquite leaf extracts. The differences between the treatments are marked with asterisk ($P < 0.05$).

se ha demostrado la actividad antioxidante de extractos de hojas de mezquite (*P. laevigata*) obtenidos con acetona y sus fracciones purificadas por elución con diferentes solventes (agua, agua-metanol 50% y metanol), contra los radicales DPPH• y •OH, así como en la reducción de la inhibición de lipoproteínas de baja densidad (LDL). Los resultados encontrados mostraron que el orden de actividad antioxidante fue metanol > agua:metanol > agua > acetona. Esta actividad antioxidante fue correlacionada con la presencia de algunos compuestos fenólicos encontrados en los extractos, tales como ácido gálico, catequina, galato de epicatequina, rutina y luteolina, entre otros (García-Andrade *et al.*, 2013). Por otro lado, los resultados del estudio realizado por Astudillo *et al.* (2000), en el cual se evaluó la actividad antiradical de extractos metanólicos de hojas de diversas especies de mezquite, muestran que a una concentración de 100 μg/mL, estos presentan actividad antiradical DPPH• en el siguiente orden de inhibición: *P. chilensis* (65%) > *P. tamarugo* (54%) > *P. alba* (8%), cuya actividad fue asociada a la presencia de compuestos fenólicos como catequina. Mientras que en extractos metanólicos de hojas de mezquite (*P. cineraria* y *P. juliflora*) se reporta la inhibición del radical DPPH• en 60.5 y

47.8%, respectivamente (Napar *et al.*, 2012).

Por otra parte, la determinación del poder reductor del Fe³⁺ a Fe²⁺, es otra prueba utilizada para medir el potencial antioxidante (Benzie y Strain, 1999). Respecto a esta evaluación, los resultados de poder reductor de los extractos se presentó en el siguiente orden: EEM > EAEM > EAM, donde se observa que el EEM fue significativamente ($P < 0.05$) más efectivo 62.7%, 39.0% y 58.8% en comparación con los extractos obtenidos con agua, agua:etanol (1:1) y BHT, respectivamente, aunque ligeramente menor (27%) que la vitamina C. En comparación con nuestro estudio, LeBlanc *et al.* (2009) estudiaron el potencial reductor de extractos del polen clasificado como de mezquite (> 54.8%) obtenido con diferentes solventes. Los resultados de esta investigación mostraron que el orden del poder reductor se presentó de acuerdo a lo siguiente: metanol > etanol > agua = propanol > 2-propanol > acetona > acetonitrilo; resultados que fueron asociados a la presencia de ciertos compuestos fenólicos (naringenina, 4',5-dihidroxi-7-metoxiflavonona, 7,8,2',4'-tetrahidroxi isoflavona, entre otros). En otro trabajo, Albrecht *et al.* (2010) evaluaron el poder reductor de extractos obtenidos de la vaina de *P. alba*, utilizando como solvente de extracción agua y etanol. Los resultados muestran que el extracto etanólico presentó valores mayores (> 2 μg Fe²⁺/g) de poder reductor en comparación con el extracto acuoso, lo cual puede estar correlacionado con el mayor contenido de fenoles (> 10 μg EAG/g) y flavonoides totales (> 0.6 μg EQ/g) de este extracto. En otra planta de la familia Fabaceae (*Mimosa pudica*), se obtuvieron extractos etanólicos (95%) del tallo, semillas, hojas y planta completa, con la finalidad de evaluar su poder antioxidante. Los resultados mostraron que el poder reductor fue dependiente de la concentración, y los valores obtenidos se presentaron en el siguiente orden: hojas > planta completa > tallos > semillas (Zhang *et al.*, 2011).

Otros estudios muestran el potencial antioxidante de los extractos y harinas obtenidos de la corteza, polen y semillas de diversas especies de mezquite (Frankel *et al.*, 1998; Almaraz-Abarca *et al.*, 2007; Sharma *et al.*, 2010; Saini *et al.*, 2013; Cattaneo *et al.*, 2014). Por lo que, estos extractos se han propuesto para ser utilizados como posibles ingredientes antioxidantes en la formulación de alimentos (Lorenzo-Justo *et al.*, 2017).

Respecto al análisis de correlación de Pearson, los resultados obtenidos muestran una alta asociación entre los parámetros antioxidantes evaluados ($r > 0.90$) y la presencia

Tabla 2. Matriz de correlación de Pearson de los parámetros antioxidantes.

Table 2. Pearson's correlation matrix of the antioxidant parameters.

Parámetros	Fenoles	Flavonoides	DPPH•	FRAP
Fenoles	1.000	0.943	0.976	0.989
Flavonoides		1.000	0.847	0.982
DPPH•			1.000	0.932
FRAP				1.000

de compuestos fenólicos (Tabla 2), lo cual coincide con lo encontrado por Zhang *et al.* (2011) quienes reportaron alta correlación entre el CFT y CFVT respecto a la actividad antioxidante (FRAP y DPPH•) de extractos etanólicos (95%) obtenidos de hojas de *Mimosa pudica* Linn.

CONCLUSIONES

Los extractos obtenidos de hojas de mezquite (EAM, EAEM y EEM) mostraron la ausencia de fitoquímicos tóxicos como son alcaloides, cianógenos y saponinas, así como la presencia de fitoquímicos tales como fenoles y flavonoides: EEM > EAEM > EAM. Además, en este estudio los extractos presentaron alta actividad antioxidante, es decir actividad antiradical DPPH• y poder reductor en el siguiente orden: EEM > EAEM > EAM. Este estudio concluye, que las hojas de mezquite son una fuente importante de polifenoles que proveen actividad antioxidante, lo que demuestra el potencial de estos extractos para ser utilizados como antioxidantes en la industria farmacéutica y alimentaria.

AGRADECIMIENTOS

Margarita Irene Ramírez Rojo agradece a CONACYT por la beca otorgada para realizar sus estudios de posgrado.

REFERENCIAS

- Ainsworth, E.A. y Gillespie, K.M. 2007. Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin–Ciocalteu reagent. *Nature Protocols*. 2: 875-877.
- Albrecht, C., Pellarin, M.G., Baronetti, J., Rojas, M.J., Albesa, I. y Eraso, A.J. 2011. Chemiluminescence determination of antioxidant property of *Zizyphus mistol* and *Prosopis alba* during oxidative stress generated in blood by Hemolytic Uremic Syndrome-producing *Escherichia coli*. *Luminescence*. 26: 424-428.
- Almanza, S.G. y Moya, E.G. 1986. The uses of mesquite (*Prosopis* spp.) in the highlands of San Luis Potosi, Mexico. *Forest Ecology and Management*. 16: 49-56.
- Almaraz-Abarca, N., da Graça Campos, M., Avila-Reyes, J.A., Naranjo-Jiménez, N., Corral, J. H. y González-Valdez, L.S. 2007. Antioxidant activity of polyphenolic extract of monofloral honeybee-collected pollen from mesquite (*Prosopis juliflora*, Leguminosae). *Journal of Food Composition and Analysis*. 20: 119-124.
- Astudillo, L., Schmeda-Hirschmann, G., Herrera, J.P. y Cortés, M. 2000. Proximate composition and biological activity of Chilean *Prosopis* species. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 80: 567-573.
- Badri, A.M., Garbi, M.I., Kabbashi, A.S., Saleh, M.S., Yousof, Y.S., Mohammed, S.F., Kabbashi, A.S. y Magzoub, A.A. 2017. In vitro anti-bacterial activity of *Prosopis juliflora* leaves extract against pathogenic bacteria. *Advancement in Medicinal Plant Research*. 5: 37-40.
- Bajpai, M., Pande, A., Tewari, S.K. y Prakash, D. 2005. Phenolic contents and antioxidant activity of some food and medicinal plants. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 56: 287-291.
- Becker, R. y Grosjean, O.K.K. 1980. A compositional study of pods of two varieties of mesquite (*Prosopis glandulosa*, *P. velutina*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 28: 22-25.
- Benzie, I.F. y Strain, J.J. 1999. Ferric reducing antioxidant power assay: Direct measurement of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Method Enzymology*. 299: 15-27.
- Cattaneo, F., Sayago, J.E., Alberto, M.R., Zampini, I.C., Ordoñez, R.M., Chamorro, V., Pazos, A. y Isla, M.I. 2014. Anti-inflammatory and antioxidant activities, functional properties and mutagenicity studies of protein and protein hydrolysate obtained from *Prosopis alba* seed flour. *Food Chemistry*. 161: 391-399.
- Falowo, A.B., Fayemi, P.O. y Muchenje, V. 2014. Natural antioxidants against lipid–protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Research International*. 64: 171-181.
- Faustman, C., Sun, Q., Mancini, R. y Suman, S.P. 2010. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat Science*. 86: 86-94.
- FDA. 2011. U.S. Food & Drug Administration. Agency Response Letter GRAS Notice No. GRN 000012. Disponible en: <https://wayback.archive-it.org/7993/20171031034742/https://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/GRAS/NoticeInventory/ucm154905.htm>. Acceso: Febrero, 2018.
- Fernández-Ginés, J.M., Fernández-López, J., Sayas-Barberá, E. y Pérez-Álvarez, J. 2005. Meat products as functional foods: A review. *Journal of Food Science*. 70: R37-R43.
- Frankel, S., Robinson, G.E. y Berenbaum, M.R. 1998. Antioxidant capacity and correlated characteristics of 14 unifloral honeys. *Journal of Apicultural Research*. 37: 27-31.
- García-Andrade, M., González-Laredo, R.F., Rocha-Guzmán, N.E., Gallegos-Infante, J.A., Rosales-Castro, M., y Medina-Torres, L. 2013. Mesquite leaves (*Prosopis laevigata*), a natural resource with antioxidant capacity and cardioprotection potential. *Industrial Crops and Products*. 44: 336-342.
- Harlev, E., Nevo, E., Lansky, E.P., Lansky, S. y Bishayee, A. 2012. Anticancer attributes of desert plants: a review. *Anti-Cancer Drugs*. 23: 255-271.
- Ibarra-Rivera, G., Gutiérrez-Lomelí, M. y Robles-García, M.A. 2018. Análisis fitoquímico y actividad antibacteriana del extracto metanólico de hojas de *Plumbago auriculata* LAM. *Biotecnia*. 20: 53-60.
- INEGI. 2012. Clima. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en: <http://www.oidrus-sonora.gob.mx/documentos/Geografia/HISTORIA%20Y%20GEO/URES.pdf>. Acceso: Febrero, 2018.
- IRAM. 2004. Norma IRAM 15935-1 Scheme 1. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización - Subcomité de productos agroalimentarios del NOA; 2004.
- Jadhav, S.J., Sharma, R.P. y Salunkhe, D.K. 1981. Naturally occurring toxic alkaloids in foods. *CRC Critical Reviews in Toxicology*. 9: 21-104.
- Jiménez-Estrada, M., Velázquez-Contreras, C., Garibay-Escobar, A., Sierras-Canchola, D., Lapizco-Vázquez, R., Ortiz-Sandoval, C., Burgos-Hernández, A. y Robles-Zepeda, R.E. 2013. In vitro antioxidant and antiproliferative activities of plants of the ethnopharmacopeia from northwest of Mexico. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 13: 1-8.
- LeBlanc, B.W., Davis, O.K., Boue, S., DeLuca, A. y Deeby, T. 2009. Antioxidant activity of Sonoran Desert bee pollen. *Food Chemistry*. 115: 1299-1305.

- Löfiger, J. 1991. The use of antioxidants in food. In free radicals and food additives; Aruoma, O. I., Halliwell, B., Eds.; Taylor and Francis: London. pp 129–150.
- Lorenzo-Justo, M.Y., Rivera-Castro, V.M., Vargas-Sánchez, R.D., Torrescano-Urrutia, G.R. y Sánchez-Escalante, A. 2017. Use of mesquite pod extracts as an additive to extend the shelf life of meat. 63rd International Congress of Meat Science and Technology. pp. 542-543.
- Molyneux, P. 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. Songklanakarin Journal of Science and Technology. 26: 211-219.
- Napar, A.A., Bux, H., Zia, M.A., Ahmad, M.Z., Iqbal, A., Roomi, S., Muhammad, I. y Shah, S.H. 2012. Antimicrobial and antioxidant activities of Mimosaceae plants; *Acacia modesta* Wall (Phulai), *Prosopis cineraria* (Linn.) and *Prosopis juliflora* (Swartz). Journal of Medicinal Plants Research. 6: 2962-2970.
- Núñez, P., Mejía, L., Yacamán, L., Padilla, L., Coello, A., Ferrari, J., Posadas, R. y Arévalo, A.C. 2015. Identificación de metabolitos secundarios presentes en los frutos frescos de *Cordia dentata* Boraginaceae. Portal de la Ciencia. 6: 54-61.
- Prabha, D.S., Dahms, H.U. y Malliga, P. 2014. Pharmacological potentials of phenolic compounds from *Prosopis* spp.-a review. Journal of Coastal Life Medicine. 2: 918-924.
- Poljsak, B., Šuput, D. y Milisav, I. 2013. Achieving the balance between ROS and antioxidants: when to use the synthetic antioxidants. Oxidative Medicine and Cellular Longevity. 1: 1-11.
- Popova, M., Bankova, V., Butovska, D., Petkov, V., Nikolova-Damyanova, B., Sabatini, A.G., Marcazzan, G.L. y Bogdanov, S. 2004. Validated methods for the quantification of biologically active constituents of poplar-type propolis. Phytochemical Analysis. 15: 235-240.
- Robinson, B.L. 1898. Revision of the North American and Mexican species of *Mimosa*. Contributions from the Gray Herbarium of Harvard University. 13: 305-331.
- Saini, P., Khan, S., Baunthiyal, M. y Sharma, V. 2013. Effects of fluoride on germination, early growth and antioxidant enzyme activities of legume plant species *Prosopis juliflora*. Journal of Environmental Biology. 34: 205-209.
- Samejo, M.Q., Memon, S., Bhangar, M.I. y Khan, K.M. 2011. Preliminary phytochemicals screening of *Calligonum polygonoides* Linn. Journal of Pharmacy Research. 4: 4402-4403.
- Samejo, M.Q., Sumbul, A., Shah, S., Memon, S.B. y Chundrigar, S. 2013. Phytochemical screening of *Tamarix dioica* roxb. Ex roch. Journal of Pharmacy Research. 7: 181-183.
- Sathiya, M. y Muthuchelian, K. 2008. Investigation of phytochemical profile and antibacterial potential of ethanolic leaf extract of *Prosopis juliflora* DC. Ethnobotanical Leaflets. 12: 1240-1245.
- Sharma, N., Garg, V. y Paul, A. 2010. Antihyperglycemic, antihyperlipidemic and antioxidative potential of *Prosopis cineraria* bark. Indian Journal of Clinical Biochemistry. 25: 193-200.
- Singh, S. 2012. Phytochemical analysis of different parts of *Prosopis juliflora*. International Journal of Current Pharmaceutical Research. 4: 59-61.
- SivaKumara, T., Srinivasan, K., Rajavela, R., Vasudevana, M., Ganesha, M., Kamalakannana, K. y Mallikab, P. 2009. Isolation of chemical constituents from *Prosopis juliflora* bark and anti-inflammatory activity of its methanolic extracts. Journal of Pharmacy Research. 2: 551-556.
- Sultana, B., Anwar, F. y Ashraf, M. 2009. Effect of extraction solvent/technique on the antioxidant activity of selected medicinal plant extracts. Molecules. 14: 2167-2180.
- Tolosa, L. y Cañizares, E. 2017. Obtención, caracterización y evaluación de la actividad antimicrobiana de extractos de propóleos de Campeche. ARS Pharmaceutica. 43: 187-204.
- Vargas-Sánchez, R.D., Peñalba-Garmendia, M.C., Sánchez-Escalante, J.J., Torrescano-Urrutia, G.R. y Sánchez-Escalante, A. 2016. Pollen profile of propolis produced on the eastern edge of the Sonoran Desert in central Sonora, Mexico. Acta Botánica Mexicana. 114: 69-86.
- Xoca-Orozco, L.A., Zamora-Gasga, V., Espinosa-Alonso, G., Velázquez-Estrada, R.M., López-García, U., Sáyago-Ayerdi, S. y Chacón-López, A. 2018. Actividad antioxidante y antifúngica in vitro de extractos de carambola (*Averrhoa carambola* L.). Biotecnia. 20: 104-109.
- Zhang, J., Yuan, K., Zhou, W. L., Zhou, J. y Yang, P. 2011. Studies on the active components and antioxidant activities of the extracts of *Mimosa pudica* Linn. from southern China. Pharmacognosy Magazine. 7: 35-39.