

Compuestos bioactivos, actividad antioxidante y perfil de ácidos grasos en aceite de semilla de Mezquite (*Prosopis* spp)

Dora Valencia¹, Edgar Omar Rueda Puentes², Leyva Peralta, Mario Alberto¹, Sergio Rogelio Mazón-López¹, Jesús Ortega-García¹.

Resumen: Compuestos bioactivos, actividad antioxidante y perfil de ácidos grasos en aceite de semilla de Mezquite (*Prosopis* spp). La medicina tradicional y estudios realizados a diferentes especies del género *Prosopis*, del desierto sonorense, indican que es una fuente para la cualificación de compuestos bioactivos, con poder antioxidante y ácidos grasos (linoleico y linolénico) de la semilla. La actividad biológica, es atribuible a alcaloides, flavonoides, terpenos y compuestos fenólicos, para lo cual, se realizó el perfil fitoquímico en los extractos acuoso, etanólico, hexánico y clorofórmico (mediante técnicas colorimétricas), actividad antioxidante (método: 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH)), fenoles totales (utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteu) y perfil de ácidos grasos (cromatografía de gases) de la semilla de *Prosopis* spp. La extracción del aceite se realizó mediante Soxhlet. Se encontraron saponinas en todos los extractos, mientras que, en el etanólico, hexánico y clorofórmico, terpenos y esteroides. En el extracto etanólico se encontraron quinonas y en el acuoso aminoácidos libres. El valor más alto de la actividad antioxidante de EC₅₀ fue de 3.272,41 ± 5,97, para el extracto etanólico, indicando su potencial como antioxidante. El contenido de fenoles totales, fue hexano > etanol > cloroformo > acuoso (81,95; 119,83; 125,18 y 127,57 mg equivalentes de ácido gálico/g de extracto seco). Los ácidos grasos en mayor proporción fueron los insaturados con 71,41 % (ácido linoleico: 42,68 %; oleico: 28,73 %) y ácidos grasos saturados: ácido palmítico (13,42 %) y estérico (4,73 %). Se concluye que este tipo de extractos presentan metabolitos importantes para la dieta, presentan actividad antioxidante y ácidos grasos esenciales para el organismo. *Arch Latinoam Nutr* 2020; 70(1): 50-59.

Palabras claves: *Prosopis*, ácidos grasos, compuestos bioactivos.

Summary: Bioactive Compounds, Antioxidant Activity and Profile of Fatty Acids in Mesquite Seed Oil (*Prosopis* spp). Traditional medicine and studies with different species of the *Prosopis* genus, from the Sonoran Desert, is a source for the qualification of bioactive compounds, with antioxidant power and fatty acids (linoleic and linolenic) of the seed. The biological activity is attributable to alkaloids, flavonoids, terpenes and phenolic compounds, for which, the phytochemical profile was performed in the aqueous, ethanolic, hexane and chloroform extracts (using colorimetric techniques), antioxidant activity (method: 1,1-diphenyl-2-picrilhidrazil (DPPH)), total phenols (using the Folin-Ciocalteu reagent) and fatty acid profile (gas chromatography). The oil was extracted using Soxhlet. Saponins were found in all extracts, while, in ethanolic, hexanic and chloroform, terpenes and sterols. In the ethanolic extract quinones were found and in the aqueous free amino acids. The highest value of the antioxidant activity of EC₅₀ was 3,272.41 ± 5.97, for the ethanolic extract, indicating its potential as an antioxidant. The total phenolic content was hexane > ethanol > chloroform > aqueous (81.95, 119.83, 125.18 and 127.57 mg equivalent of gallic acid / g of dry extract). The fatty acids in greater proportion were unsaturated with 71.41 % (linoleic acid: 42.68 %; oleic: 28.73 %) and saturated fatty acids: palmitic acid (13.42 %) and stearic (4.73 %). It is concluded that this type of extracts have important metabolites for the diet, have antioxidant activity and essential fatty acids for the body. *Arch Latinoam Nutr* 2020; 70(1): 50-59.

Key words: *Prosopis*, fatty acids, bioactive compounds.

Introducción

El mezquite, es un arbusto utilizado en la medicina tradicional en los diferentes continentes para curar principalmente catarro, resfriado, diarrea, disentería, inflamación, dolor de garganta, para curar heridas, además de utilizar sus vainas y semillas en la elaboración de alimentos (1,2). El género *Prosopis* se encuentra ampliamente distribuido en el mundo, de tal manera que existen alrededor de 44 especies del

¹Departamento de Ciencias Químico Biológicas y Agropecuarias de la Unidad Regional Norte de la Universidad de Sonora. ²Departamento de Agricultura y Ganadería. Boulevard Luis Encinas y Rosales, Hermosillo, Universidad de Sonora, Sonora, México.

Autor para la correspondencia: Jesús Ortega-García., email: jesus.ortega@unison.mx

presente género que poseen importancia económica y ecológica para diferentes comunidades (3-5). En México y principalmente en el estado de Sonora, se estima que varios grupos indígenas aún hacen uso de plantas y frutos en alimentos y en diversos padecimientos, comprendiendo alrededor de 450 plantas diferentes (6). Las vainas del mezquite (*Prosopis*) son el fruto, las cuales son amarillentas, delgadas y corresponden al 56% del peso total del fruto, el endocarpio representa un 35% mientras que las semillas un 9%. Las semillas de este género se encuentran encerradas por un endocarpio duro o carcaza, el cual difícilmente puede ser abierto de forma manual. Según referencias bibliográficas consultadas, se detalla en su composición la presencia de aminoácidos (ácido glutámico 21,31 g, arginina 14,63 g, ácido aspártico 8,30 g, leucina 7,51 g, prolina 7,49 g; entre otros.) y ácidos grasos como el linoleico y oleico (4,5,7).

Dentro de los estudio mencionados anteriormente se han reportado que las hojas de *P. juliflora* contiene alcaloides y flavonoides con actividad antimicrobiana, antifúngica, antiinflamatoria y antitumoral; hojas de *P. alba* Griseb contienen catequinas con actividad antioxidante; se identificaron que compuestos de tipo polifenoles son los responsables de la actividad antioxidante de extractos generados a partir de hojas de *P. chilensis*; la corteza de *P. africana* contiene flavonoides con actividad antiinflamatoria; y de manera general, la corteza de especies del género *Prosopis* mostraron actividad antidiarreica y antiviral (5).

El estudio del aceite de la semilla del mezquite se destaca por la presencia, además, de compuestos fenólicos, esteroides y, ácidos grasos como el linoleico (39%), oleico (29%) palmítico (13%) y esteárico (10%) en las especies *P. alba*, *P. glandulosa* y *P. africans* (4).

Diversos estudios han demostrado que plantas pertenecientes al género *Prosopis*, presentan múltiples actividades biológicas, destacándose principalmente compuestos de tipo alcaloide, flavonoides, terpenos y compuestos fenólicos como los responsables de estas actividades (2).

Precisamente debido a su composición química, se relaciona con los posibles efectos farmacológicos

que se asocian a la especie. Por tal motivo nace como iniciativa, el desarrollo de este trabajo de investigación, siendo el objetivo del estudio la caracterización del perfil de compuestos bioactivos, la actividad antioxidante y la composición de los ácidos grasos de las semillas de mezquite.

Materiales y métodos

Muestras

El presente estudio se realizó con las semillas de las vainas de mezquite recolectadas en el poblado de Átil, Sonora y se trasladaron al Laboratorio de Investigación de la Universidad de Sonora Unidad Regional Norte, Campus Caborca. Las vainas del mezquite se limpiaron y se secaron en una estufa marca Thermo Scientific, Asheville, NC, USA, a una temperatura de 40 °C, se procedió a separar las semillas y carcaza de la vaina para la realización de los siguientes análisis, considerándose únicamente a las semillas.

Medición de las semillas

A las semillas separadas se les midió el largo y ancho, así como también se determinó el peso de cada una de ellas para obtener un valor promedio, según lo reporta Villavicencio en el 2018 (8).

Preparación de las muestras

Para la obtención del aceite se realizó la preparación de las muestras una vez recolectadas, como se detalla a continuación:

Las semillas se secaron hasta peso constante y se procedió a triturarlas en un molino Thomas Wiley Mini, mod. 3383-160, USA. La semilla pulverizada se dividió en dos porciones; una para la extracción de los extractos acuoso, etanólico y cloroformo y otra más para la extracción del aceite con hexano.

Determinación del contenido de humedad

El método que se utilizó para esta determinación fue el gravimétrico el cual consiste en pesar 1 g de la muestra triturada en una cápsula de porcelana seca y previamente tarada, posteriormente se colocó en una estufa marca Thermo Scientific, Asheville, NC, USA a 50 °C durante 5 h, luego de haber transcurrido el tiempo establecido, la cápsula se transfirió a un desecador para el debido enfriamiento y posterior pesado. Se volvió a colocar la cápsula nuevamente en la estufa por otra hora adicional, se colocó en el desecador

y se volvió a pesar, este procedimiento se realizó hasta obtener peso constante. Se calculó el contenido de humedad según lo reporta Villavicencio en el 2018 (8), utilizando la siguiente fórmula:

$$\% H = (P1 - P0) - (P2 - P0) / (P1 - P0) \times 100$$

Dónde:

% H: Porcentaje de humedad por desecación (%)

P0: Peso de la cápsula vacía (g)

P1: Peso de la cápsula + Muestra (g)

P2: Peso de la cápsula + Muestra (luego de la desecación)

Generación de los extractos acuoso, etanólico y cloroformo de la semilla del mezquite.

A la semilla de mezquite seca y pulverizada se le realizó una extracción acuosa, etanólica y con cloroformo en una proporción 1:10 (peso:volumen); el extracto se dejó en agitación continua durante 7 días a temperatura ambiente de laboratorio de 23 °C y protegidos de la luz (9).

Al término de este periodo, cada extracto se filtró y concentró utilizando un rotavapor para eliminar el solvente. Una vez seco el extracto, se determinó el rendimiento y se almacenó a una temperatura de -20°C hasta su uso.

Perfil fitoquímico

A través de pruebas fitoquímicas preliminares se detectó la presencia de los diferentes grupos de metabolitos secundarios presentes en los extractos de mezquite (10-12), utilizando para ello los diferentes tipos de reacciones químicas cualitativas:

Quinonas

Reacción con ácido sulfúrico. Se agregó una gota de ácido sulfúrico concentrado a una porción del extracto. La formación de una coloración roja indicó la presencia de antraquinonas.

Flavonoides

Se disolvió una porción del extracto en 2 mL de etanol absoluto y se dividió en tres tubos, uno fue utilizado como testigo (control de blanco).

Reacción de Shinoda. Se adicionaron 2 gotas de ácido clorhídrico concentrado, el desarrollo de coloración roja indicó la presencia de auronas o chalconas. Para las muestras sin cambio de color, se colocó un trozo de magnesio metálico, una coloración naranja a rojo, indicó la presencia de flavonas; el color rojo flavonoles y el magenta flavononas.

Reacción de hidróxido de sodio al 10%. Se le adicionaron 3 gotas de hidróxido de sodio, el desarrollo de una coloración de amarillo a rojo, indicó la presencia de xantonas y flavonas; de café a naranja de flavonoles, púrpura a rojizo de chalconas y azul de antocianinas.

Taninos

Ensayo cloruro férrico: se disolvió una porción del extracto en 1 mL de etanol, se adicionaron 3 gotas de la solución de cloruro férrico al 5%, los cambios observados en el color indicaron lo siguiente: de rojo-vino = compuestos fenólicos en general, verde intenso = pirocatecólicos y azul = pirogalotánicos.

Terpenos

Ensayo de Lieberman-Buchard: se disolvió la muestra en cloroformo (1 mL). Se adicionó 1 mL de anhídrido acético y se mezcló. Se adicionaron de 2-3 gotas de ácido sulfúrico sin agitar, un ensayo positivo indica un cambio rápido de coloración y formación de un anillo color verde.

Saponinas

Reacción de Rosenthaler. A una porción del extracto concentrado, se le adicionaron dos gotas del reactivo y estratificado con dos gotas de ácido sulfúrico concentrado. La formación de una coloración violeta, se consideró como positiva para las saponinas triterpénicas.

Reacción de Espuma. A una porción del extracto concentrado, se le añadieron 4 mL de agua destilada. Se agitó en vórtex por 1 min, el ensayo se considera positivo a saponinas tipo esterooidal y triterpénicas al aparecer espuma en la parte superior del líquido de más de 2 mm de altura y persiste por más de 2 minutos.

Alcaloides

Se tomó una porción del extracto y se le agregó entre 5 mL a 10 mL de ácido clorhídrico al 10%, se calentó a ebullición por cinco minutos, se dejó enfriar para después filtrar utilizando un embudo con papel filtro Whatman No. 4. Posteriormente el filtrado se dividió en 2 tubos de ensayo:

Reacción de Wagner. Se agregaron 2 gotas del reactivo de Wagner. Se consideró positivo al presentarse la formación de un precipitado color marrón.

Reacción de Mayer. Se agregaron de dos a tres gotas del reactivo de Mayer, la reacción se consideró positiva al presentarse la formación de precipitado blanco.

Glucósidos cardiotónicos

Reacción de Keller-Kiliani: se tomó una porción del extracto y se colocó en un tubo de ensayo. Esta porción se disolvió en 1 mL de ácido acético glacial y posterior se agregaron 2 gotas de cloruro de hierro. Se le adicionaron 2 mL de ácido sulfúrico concentrado. La reacción fue considerada positiva al obtener un anillo color rojo en el menisco del líquido.

Azúcares reductores

Ensayo de Fehling: Se disolvió el extracto en 1-2 mL de agua destilada. Se adicionaron 2 mL del reactivo de Fehling y se calentó la mezcla en un baño de agua durante 5-10 min. El ensayo se consideró positivo si la solución se tornó de color rojo o apareció un precipitado rojo.

Aminoácidos libres

Para la identificación de aminoácidos libres, en un tubo de ensayo se agregó una porción de cada extracto a la cual se añadió 1 mL de ninhidrina, se dejó en ebullición durante 1 minuto, la aparición de una coloración morada indica la presencia de aminoácidos libres.

Cumarinas

Para determinar la presencia de cumarinas, en un vaso de precipitado se agregó una porción del extracto y agua destilada, posteriormente se colocó en una placa de calentamiento hasta ebullición, se dejó enfriar y con ayuda de un capilar se tomó una gota de esta solución, esta se colocó sobre un papel filtro y se le añadió una gota de hidróxido de sodio 0,5 M, la presencia de fluorescencia azul o verde al ser irradiados con luz ultravioleta indica positividad para este tipo de metabolitos.

Obtención del aceite

Extracción con Soxhlet (método 920.39), de acuerdo con los procedimientos establecidos en la AOAC (13), con algunas modificaciones: Se pesaron 80 g de las semillas trituradas y se colocaron en un dedal de celulosa. En un matraz balón volumétrico se adicionaron 150 mL de hexano, se armó el equipo, conectando el sifón al balón y al condensador. Se aplicó calentamiento (< 60°C) para favorecer el reflujo, manteniéndose el sistema por 5 horas. Se calculó el rendimiento del extracto obtenido con respecto al material vegetal empleado, considerando el peso seco de muestra y aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Rendimiento} = (\text{Cantidad de extracto obtenido}) / (\text{Cantidad de material vegetal empleado}) \times 100$$

La muestra de aceite se separó para la realización del perfil de ácidos grasos y para la realización del perfil fitoquímico.

Preparación de la muestra para análisis de ácidos grasos

Esta medición consistió en la separación cuantitativa de mezclas de ácidos grasos saturados e insaturados con un número de carbonos de 8 hasta 24, después de su conversión a metil ésteres mediante el método Ce 2-66 del AOCS (14). Para esto se utilizó un cromatógrafo de gases Varian 3800 CX (con detector de ionización de flama) con un sistema de integración Varian Star 2000. Se utilizó una columna capilar SP-2560 con fase estacionaria 100% de polixiloxano biscianopropil (100 m x 0,25 mm d.i. x 0,2 µm tamaño de partícula, Supelco, Inc., Bellefonte, PA 16823-0048 USA). El programa de temperatura para la columna fue de 140 a 210°C (4 °C/min) y de 210 a 220 °C (1°C/min). Se utilizó helio como gas acarreador con un flujo de 20 cm/seg. La temperatura del inyector y detector fue mantenida a 250 °C. Se calculó el contenido de ácidos grasos usando el ácido heptadecanoico (C17:0) como estándar interno (Sigma Chemical Co., ST Luis MO) y la identificación de los picos se realizó por comparación con los tiempos de retención de los estándares.

Actividad Antioxidante

Método DPPH

La capacidad de los extractos de mezquite para estabilizar radicales libres se evaluó siguiendo la metodología propuesta por Zahratunnisa, en 2017 (15) con algunas modificaciones. Se tomaron 100 µL del extracto de las semillas de mezquite a diferentes concentraciones (12,5 a 1000 µg/mL), los cuales se mezclaron con una solución de DPPH a 300 µM (100 µL).

Las muestras fueron incubadas por 15 min en ausencia de luz. Transcurrido este tiempo, se midió la absorbancia a 517 nm en un lector de microplacas (Microscan, Go, Thermo Scientific). Los resultados fueron expresados en valores de EC_{50} , los cuales se calcularon a través de un análisis de regresión lineal utilizando el programa Microsoft Excel.

Fenoles totales

El contenido de fenoles totales se determinó por la metodología descrita por Ahmad, 2017 (16) con algunas

Tabla 1. Características físicas (largo, ancho y peso) de la semilla de la vaina de mezquite.

#	Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso (g)	#	Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso (g)
1	0,7	0,5	0,0591	26	0,7	0,4	0,0572
2	0,7	0,5	0,0513	27	0,7	0,5	0,0559
3	0,6	0,5	0,0546	28	0,8	0,5	0,0494
4	0,7	0,5	0,0535	29	0,7	0,5	0,0499
5	0,7	0,5	0,0331	30	0,7	0,5	0,0579
6	0,7	0,5	0,0590	31	0,7	0,5	0,0325
7	0,7	0,5	0,0594	32	0,8	0,5	0,0457
8	0,7	0,5	0,0401	33	0,6	0,5	0,0523
9	0,8	0,6	0,0468	34	0,6	0,5	0,0536
10	0,7	0,5	0,0412	35	0,6	0,5	0,0594
11	0,6	0,5	0,0500	36	0,7	0,5	0,0469
12	0,8	0,5	0,0430	37	0,7	0,5	0,0505
13	0,7	0,5	0,0445	38	0,7	0,5	0,0440
14	0,7	0,6	0,0488	39	0,6	0,5	0,0554
15	0,8	0,5	0,0540	40	0,6	0,4	0,0656
16	0,8	0,5	0,0566	41	0,7	0,5	0,0483
17	0,7	0,5	0,0472	42	0,6	0,5	0,0453
18	0,7	0,5	0,0568	43	0,6	0,5	0,0683
19	0,7	0,5	0,0368	44	0,8	0,5	0,0595
20	0,6	0,5	0,0539	45	0,7	0,5	0,0520
21	0,7	0,5	0,0500	46	0,7	0,5	0,0362
22	0,7	0,5	0,0530	47	0,6	0,5	0,0723
23	0,6	0,5	0,0593	48	0,7	0,5	0,0412
24	0,6	0,4	0,0487	49	0,7	0,6	0,0325
25	0,7	0,5	0,0529	50	0,6	0,5	0,0377
Promedio				0,69	0,5	0,05	
Desviación estándar				0,06	0,03	0,01	
% CV				0,93	0,70	1,75	

modificaciones. Se mezclaron 10 μ L del extracto de las semillas de mezquite (2.5 mg/mL) con 90 μ L de agua destilada, 40 μ L del reactivo de Folin-Ciocalteu 0,25 N, 60 μ L de Na_2CO_3 (5 %). Se incubó en oscuridad durante 1 h. Posteriormente, la absorbancia fue leída a 750 nm en un lector de microplacas (Microscan, Go, Thermo Scientific). La concentración de fenoles totales se calculó usando una curva estándar de ácido gálico (EAG) y los resultados fueron expresados como mg EqAG/g peso seco.

Análisis de datos

Los datos fueron expresados como media \pm desviación estándar, obtenidos de los resultados de la estadística descriptiva para cada variable evaluada (medidas (n=50), peso (n=50), composición de ácidos grasos (n=4), humedad (n=4); el software Minitab18.0 (Minitab, 2018) fue usado para estas determinaciones.

Resultados

Características de las semillas

De acuerdo con las características físicas medidas, los valores obtenidos de longitud, anchura y peso de las semillas de la vaina de mezquite se describen en la Tabla 1, donde se muestra el valor promedio de la medición de las 50 semillas analizadas; siendo 0,66 cm de largo, 0,39 cm de ancho y 0,05 g de peso.

Contenido de humedad

El porcentaje de contenido de humedad determinado por el método gravimétrico fue de 4,91 % con un coeficiente de variación de 0,06, tal como se indica en la Tabla 2.

Perfil fitoquímico

Los resultados obtenidos en el perfil fitoquímico en los diferentes extractos se describen en la Tabla 3, destacándose la presencia de metabolitos como saponinas en los cuatro extractos con resultados positivos en la reacción ensayada para este tipo de compuestos, todo ello basado en la presencia de espuma característica de este ensayo (Figura 1).

Tabla 2. Porcentaje de humedad de las semillas de la vaina de mezquite

#	Peso de la muestra (g)	% de Humedad
1	1,0005	4,92
2	1,0033	4,84
3	1,0001	4,96
	Promedio	4,91
	% CV	0,11

En los extractos de etanol, hexano y cloroformo, se evidenciaron resultados positivos para la identificación de terpenos y esteroides, debido a la coloración verde oscura obtenida en la reacción típica Lieberman-Buchard, no así para el extracto acuoso (Figura 1).

Además, el extracto etanólico presentó un resultado positivo para la reacción de Borntrager, con lo cual se evidencia la presencia de quinonas, considerando la coloración roja observada (Figura 1). De la misma manera, a través de la reacción con ninhidrina se evidenció la presencia de aminoácidos libres en el extracto acuoso, debido a la coloración azul oscura que se pudo observar en el tubo de ensayo (Figura 1).

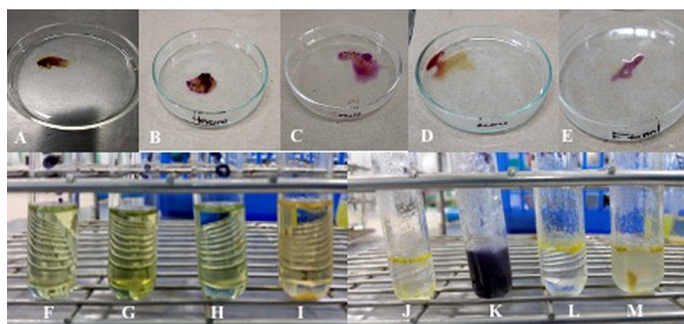


Figura 1. Reacciones colorimétricas para el análisis de: Saponinas: A) Etanol (+); B) Hexano (+); C) Cloroformo (+); D) Acuoso (+). Quinonas: (E) Etanol (+). Terpenos: F) Etanol (+); G) Hexano (+); H) Cloroformo (+); I) Acuoso (-). Aminoácidos libres: J) Etanol (-); K) Acuoso (+); L) Cloroformo (-); M) Hexano (-), en las diferentes fases.

Rendimiento del aceite

El rendimiento obtenido del aceite de la semilla de mezquite estudiado dio como resultado un valor promedio de 5,6% con un coeficiente de variación de 1,67 %, con base al número de réplicas ensayadas (n:10).

Composición de ácidos grasos

El objeto del análisis de la fracción saponificable fue determinar la composición de ácidos grasos presente en el aceite de la semilla de mezquite.

Tabla 3. Perfil fitoquímico en los diferentes extractos de la semilla de mezquite.

Ensayo	Metabolitos	Tipo de extracto			
		Acuoso	Etanol	Hexano	Cloroformo
Lieberman-Buchard	Terpenos	-	+	+	+
Shinoda	Flavonoides	-	-	-	-
Rosenthaler	Saponinas	+	+	+	+
Reacción con H ₂ SO ₄	Quinonas	-	+	-	-
Fehling	Azúcares reductores	-	-	-	-
Rx con ninhidrina	Aminoácidos libres	+	-	-	-
Keller-Kiliani	Glucósidos cardiotónicos	-	-	-	-
Cloruro férrico	Taninos	-	-	-	-
Cloruro férrico	Compuestos fenólicos	-	-	-	-
Reacción con KOH	Cumarinas	-	-	-	-
Mayer y Wagner	Alcaloides	-	-	-	-

La determinación de la composición química del aceite de la semilla de mezquite, fue posible mediante cromatografía de gases, y a través de la inyección de la fracción del aceite saponificable. En la Tabla 4 se muestran los contenidos de la fracción saponificable; mientras que el espectro de los picos más característicos del contenido de ácidos grasos se observa en la Figura 2.

La técnica aplicada permitió separar e identificar los diferentes ácidos grasos presentes en la muestra, evidenciando una mayor abundancia de los compuestos insaturados con un valor de 71,41 % con respecto al total del aceite. Este carácter del aceite se debe a la presencia del ácido linoleico con 42,68 %, seguido del ácido oleico con 28,73 %.

También se identificó la presencia de compuestos saturados en el siguiente orden de abundancia: ácido palmítico con un 13,42 %, y el ácido estérico con un 4,73 %.

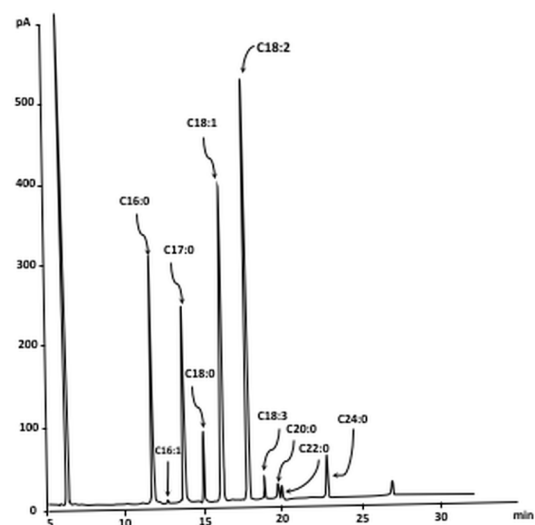


Figura 2. Cromatograma de la composición de ácidos grasos del aceite de la semilla de mezquite.

Tabla 4. Contenido de ácidos grasos en el aceite de la semilla de mezquite*.

# de carbonos	Ácido graso	media	±	DE
C12:0	Laúrico	0,06	±	0,001
C14:0	Mirístico	0,11	±	0,000
C16:0	Palmítico	13,42	±	0,070
C16:1	<i>cis</i> -9-Palmitoleico	0,23	±	0,003
C18:0	Estéarico	4,73	±	0,047
C18:1	Oleico (<i>cis</i>)	28,73	±	0,124
C18:1	Elaídico (<i>trans</i>)	0,96	±	0,018
C18:2	Linoleico (<i>cis</i>)	42,68	±	0,152
C18:3	gamma Linolénico	1,73	±	0,004
C20:0	Araquídico	2,88	±	0,034
C22:0	Behénico	2,94	±	0,053
C24:0	Lignocérico	1,22	±	0,034

*Promedio de tres extracciones y de tres inyecciones en el equipo. DE: Desviación estándar

Actividad antioxidante

Método DPPH

El poder antioxidante de algunos compuestos fenólicos presentes en las plantas, en diversos estudios llevados a cabo en los últimos años (17), se asocia con su capacidad para capturar radicales libres, los cuales inducen un efecto positivo y benéfico en la salud. De ahí que la evaluación de la capacidad de los extractos acuoso, hexano, etanólico y con cloroformo de la semilla de mezquite para neutralizar radicales libres fue determinada por medio del método espectrofotométrico del DPPH. Las concentraciones evaluadas estuvieron en el rango de 1000 a 12,5 $\mu\text{g/mL}$ y se utilizó vitamina C (70 μM , 12,6 $\mu\text{g/mL}$) como control positivo. La actividad antioxidante de los extractos acuoso, hexano, etanólico y con cloroformo de la semilla de mezquite expresados en porcentaje de actividad antioxidante se muestra en la Figura 3a-d, observándose que las concentraciones mayores de 200 $\mu\text{g/mL}$ presentan un incremento en el porcentaje de actividad, sin embargo, es más bajo que la concentración evaluada de vitamina C. Asimismo, se puede observar una actividad dosis-dependiente.

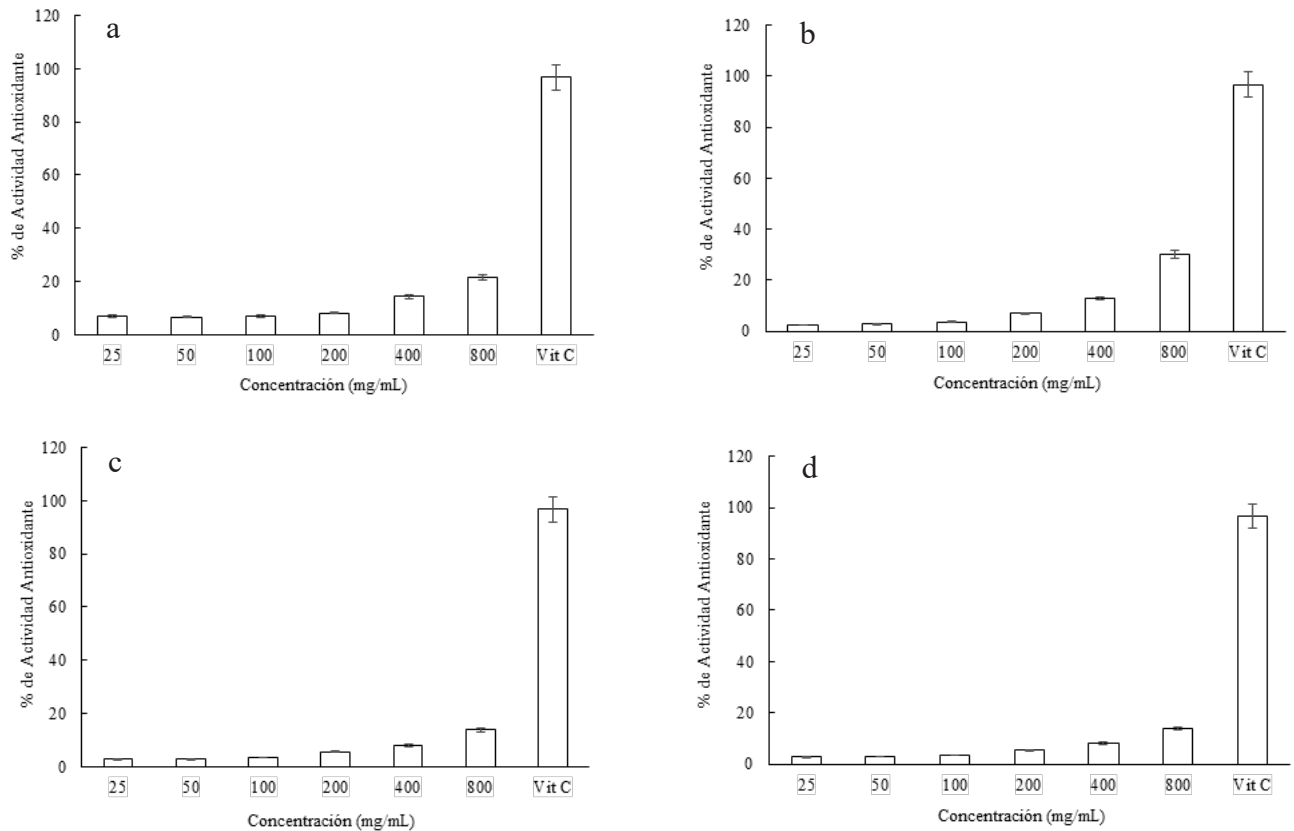


Figura 3a-d. Actividad antioxidante de los extractos de la semilla de mezquite. Diferentes concentraciones de mezquite fueron evaluadas (0-800 $\mu\text{g/mL}$). Vitamina C (70 μM , 12,6 $\mu\text{g/mL}$) fue utilizada como antioxidante estándar. a) Acuoso; c) Hexano; b) Etanol; c) Cloroformo. Todos los valores representan el promedio de tres determinaciones \pm desviación estándar.

Fenoles totales

Los componentes fenólicos constituyen uno de los grupos de micronutrientes presentes en el reino vegetal, que forman parte importante de la dieta humana. Existe un gran interés en estudiarlos debido a sus propiedades antioxidantes, su participación en procesos sensoriales de los alimentos naturales y procesados, además de sus posibles aplicaciones benéficas para la salud humana, tales como el tratamiento y prevención del cáncer, enfermedades cardiovasculares y otras patologías de carácter inflamatorio (18). Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 5, siendo en orden de mayor contenido de fenoles totales, los extractos de hexano, etanol, cloroformo y respectivamente (81,95; 119,83; 125,18 y 127,57 mg equivalentes de ácido gálico/g de extracto seco).

Tabla 5. Concentración inhibitoria media del radical DPPH (EC₅₀) de los extractos de la semilla de mezquite y contenido de fenoles totales de los extractos de la semilla de mezquite.

Extracto y estándar	EC ₅₀ ($\mu\text{g/mL}$)	Fenoles totales*
Extracto acuoso	1.234,78	81,95 + 2,52
Extracto de hexano	1.402,81	127,57 + 2,14
Extracto etanólico	3.272,41	125,18 + 7,28
Extracto de cloroformo	1.464,14	119,83 + 6,70
Vitamina C	5,54	NA

Los valores del extracto de la semilla de mezquite representan la media de por lo menos tres experimentos independientes + la desviación estándar. *Expresado como mg equivalentes de ácido gálico/g de extracto seco (mg EAG/g). NA: No se analiza.

Discusión

Los datos de las características físicas fueron similares a los reportados por Díaz-Batalla *et al* 2018 (5), Cattaneo *et al* 2016 (6) y Iqbal *et al* 2015 (11) en las plantas de *Prosopis pallida*, *juliflora* y *chilensis*, así como por los reportados por Manzo *et al* en 2018 (10). Por lo que se pueden observar grandes variaciones entre especies, dentro de las mismas especies y entre diferentes ensayos.

El contenido de humedad fue superior a lo reportado por Iqbal en el 2015 (11), en semillas de la especie *P. chilensis* con un valor promedio del 3,1%. Se puede considerar que los valores obtenidos están asociados con las condiciones ambientales de la zona y la época de recolección en la que fueron obtenidas las muestras.

El perfil fitoquímico encontrado estuvo en concordancia con lo reportado en las referencias bibliográficas revisadas (5, 10, 11), sin especificar en este punto el tipo de moléculas a que se refieren, dentro del grupo de compuestos reportados.

En un estudio realizado por Villavicencio en 2018 (8), encontró valores inferiores ($2,60 \pm 0,038$ %) con semillas de *Prosopis juliflora*, para el rendimiento del aceite, inferior al encontrado en el presente estudio, sin embargo, esto indica que esta especie es rica en aceite, su planta y frutos.

Los datos encontrados para la composición de ácidos grasos están en concordancia con los resultados reportados en la bibliografía consultada (5). Adicionalmente, se destaca en este trabajo de investigación la detección de otros ácidos grasos (saturados e insaturados) presentes en el aceite de la semilla de mezquite, que también se incluyen en la Tabla 4, y de los cuales no hay más información en los antecedentes relacionados con este tipo de trabajos.

Un estudio realizado por Rivera, en 2016 (19), donde se evaluó la actividad antioxidante de extractos etanólicos y acuosos de vaina de mezquite (*Prosopis velutina*) con potencial de aditivo alimentario, utilizando el método del radical DPPH, mostró que el extracto acuoso presentaba un porcentaje de DPPH de $71,4 \pm 1,1$ en comparación con el extracto etanólico con un porcentaje de DPPH de $63,6 \pm 0,5$, por el contrario a lo obtenido en el presente estudio no se observó este comportamiento, lo que puede deberse a que solo se trabajó con la semilla y para lo cual se recomienda en lo subsecuente realizar este tipo de trabajos con la vaina completa. La concentración inhibitoria media del radical de los extractos (EC_{50}) de la semilla de mezquite se muestra en la Tabla 5.

Se ha encontrado que el contenido de polifenoles totales para las vainas de mezquite es de 0,375-0,494 mg Eq. de ácido gálico/g de extracto según lo reporta González-Quijano *et al* 2019 (20), utilizando diferentes solventes de extracción, siendo estos resultados inferiores a los encontrados en el presente estudio para los cuatro diferentes tipos de extracciones, aun y cuando en este caso para el mezquite de la región en estudio solo se analizó la semilla.

Conclusiones

En el presente trabajo se caracterizó de manera física y se obtuvo el rendimiento del aceite de las semillas de mezquite de *Prosopis* spp, donde el mayor porcentaje de los ácidos grasos correspondió a insaturados con respecto al total del aceite (ácido linoleico y oleico).

Se identificó en los extractos la presencia de terpenos, saponinas y aminoácidos libres, los cuales probablemente contribuyen a las actividades biológicas de este tipo de muestras. El extracto etanólico fue el que presentó la mayor actividad antioxidante a la concentración probada, debido a que era el que presentaba mayor contenido de fenoles totales.

 ORCID:

Dora Valencia: <https://orcid.org/0000-0002-3275-5243>

Edgar Omar Rueda Puente: <https://orcid.org/0000-0001-6477-7861>

Leyva Peralta, Mario Alberto: <https://orcid.org/0000-0003-4335-3917>

Sergio Rogelio Mazón-López: <https://orcid.org/0000-0002-6315-642X>

Jesús Ortega- García: <https://orcid.org/0000-0001-7704-0690>

Referencias

1. Gul R, Jan SU, Faridullah S, Sherani S, & Jahan, N. Preliminary phytochemical screening, quantitative analysis of alkaloids, and antioxidant activity of crude plant extracts from ephedra intermedia indigenous to Balochistan. *Sc World J.* 2017;17(2):1-7.
2. Rennan PG, Souza GTA, Moura HV, Martins DME, Cavalcanti-Mata, ME. Caracterização tecnológica de cookies produzidos com diferentes concentrações de farinha de algaroba durante armazenamento por 120 dias. *Braz J Food Technol.* 2018;21(1):1-8.

3. Henciya S, Seturaman P, Rathinam A, Tsai Y, Nikam R, Wu Y, Dahms H, Rong F. Biopharmaceutical Potentials of *Prosopis* ssp. (Mimosaceae, Leguminosae). *J Food Drug Anal.* 2017;25(1): 187-196.
4. Bermello S, García, D. 2015. Método de extracción para los compuestos esenciales del algarrobo (*Prosopis pallida*) y su posible aplicación a nivel industrial. Tesis. Retrieved from: <http://repositorio.utm.edu.ec/handle/123456789/103>
5. Díaz-Batalla L, Hernández-Uribec JP, Román-Gutiérrez AD, Cariño-Cortés R, Castro-Rosas J, Téllez-Jurado, Gómez-Aldapa CA. Chemical and nutritional characterization of raw and thermal-treated flours of Mesquite (*Prosopis laevigata*) pods and their residual brans. *CYTA J Food.* 2018;16(1):444-451.
6. Cattaneo F, Costamagna MS, Zampini IC, Sayago J, Alberto MR, Chamorro V, Pazos A, Thomas-Valdés S, Schmeda-Hirschmann G, Isla MI. Flour from *Prosopis alba* cotyledons: A natural source of nutrient and bioactive phytochemicals. *Food Chem.* 2016;208(10):89-96.
7. Sciammaro L, Ferrero C, Puppo MC. Chemical and nutritional properties of different fractions of *Prosopis alba* pods and seeds. *Food Measure.* 2016;10(4):103-112.
8. Villavicencio VMV. Caracterización del aceite obtenido de la semilla de la especie ecuatoriana *Prosopis juliflora*. Tesis PhD. Universidad de Guayaquil, Facultad Ciencias Químicas. 2018.72.
9. Coronado-Aceves EW, Sánchez-Escalante JJ, López-Cervantes J, Robles-Zepeda RE, Velázquez C, Sánchez-Machado DI, Garibay-Escobar A. Antimycobacterial activity of medicinal plants used by the Mayo people of Sonora, Mexico. *Journal of Ethnopharmacology* 2016; 190(5): 106-115.
10. Manzo LM, Mousa I, Ikhiri K. Phytochemical screening of selected medicinal plants used in Niger, West Africa. *Int J of Herb Med.* 2017; 5(4):32-38.
11. Iqbal E, Salim KA, LimLB. Phytochemical screening, total phenolics and antioxidant activities of bark and leaf extracts of *Goniothalamus velutinus* (Airy Shaw) from Brunei Darussalam. *J King Saud Univ Sci.* 2015;27(3):224-232.
12. Tepal P. Phytochemical Screening, Total flavonoid and phenolic content assays of various solvent extracts of Tepal of *Musa paradisiaca*. *Malaysian J An Sci.* 2016;20(5):1181-1190.
13. AOAC. 2019. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 21th ed. Washington D.C., USA. Método 920.39.
14. AOCS. 2017. In D. Firestone (Ed.), Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. 7th ed. Champaign, IL. USA. AOCS Press. Método Ce 2-66
15. Zahratunnisa N, Noviani AEB. Inhibition of alpha-glucosidase and antioxidant test of stem bark extracts of *Garcinia fruticosa* aLauterb. *Phcog J.* 2017;9(2):273-275.
16. Ahmad I, Yanuar A, Mulia K, Munim A. Optimization of ionic liquid-based microwave-assisted extraction of polyphenolic content from *Peperomia pellucida* (L) kunth using response surface methodology. *AsianPac J TropBiomed.* 2017;7(7):660-665.
17. Ulewicz-Magulska B. & Wesolowski M. Total phenolic contents and antioxidant potential of herbs used for medical and culinary purposes. *Plant Foods Hum Nutr.* 2019;74(1):61-67
18. Šola I, Stipaničev M, Vujčić V, Mitić B, Huđek A, Rusak G. Comparative analysis of native *Crocus taxa* as a great source of flavonoids with high antioxidant activity. *Plant Foods Hum Nutr.* 2018;73(2):189-195.
19. Rivera V. Actividad antioxidante de extractos etanólicos y acuosos de vaina de mezquite (*Prosopis velutina*) con potencial de aditivo alimentario. *Tlamati.* 2016;7(2):1-9.
20. González-Quijano GK, Arrieta-Baez D, Dorantes-Alvarez L, Aparicio-Ozores G, Guerrero-Legarreta I. Effect of extraction method in the content of phytoestrogens and main phenolics in mesquite pod extracts (*Prosopis* sp.). *Rev Mex Ing Quim.* 2019; 18(1):303-312.

Recibido: 02/05/2020
Aceptado: 29/06/2020