



## USO DE ÁCIDO 2 -CLOROETIL- FOSFÓNICO PARA INDUCIR PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE GOMA DE MEZQUITE (*Prosopis laevigata*)<sup>†</sup>

### [USE OF ACID 2 -CHLOROETHYL- PHOSPHONE TO INDUCE PRODUCTION AND QUALITY OF MESQUITE GUM (*Prosopis laevigata*)]

Arnoldo Flores-Hernández<sup>1</sup>, Bernardo Murillo-Amador<sup>2\*</sup>,  
Francisco Javier Macías-Rodríguez<sup>1</sup>, José Antonio Hernández-Herrera<sup>1</sup>,  
Luis Manuel Valenzuela-Núñez<sup>3</sup> and Luis Guillermo Hernández-Montiel<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo, Durango, México. Arnoldo Flores-Hernández. ORCID: 0000-0002-1323-0679. José Antonio Hernández-Herrera. ORCID: 0000-0002-4052-5050 Francisco Javier Macías Rodríguez: ORCID: 0000-0002-2927-721X

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Av. Instituto Politécnico Nacional No. 195. Colonia Playa Palo de Santa Rita. La Paz, Baja California Sur. C.P. 23096, México. Tel. +52-612-123-84-84 Ext. 3440. Bernardo Murillo-Amador. E-mail: bmurillo04@cibnor.mx. ORCID: 0000-0002-9489-4054 Luis Guillermo Hernández-Montiel. ORCID: 0000-0002-8236-1074.

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez del Estado de Durango, Durango, México. Luis Manuel Valenzuela-Núñez. ORCID: 0000-0002-3385-3005.

\*Corresponding author

#### SUMMARY

**Background.** Mezquite gum (*Prosopis laevigata* [Humb. & Bonpl. ex Willd.]) is similar to the gum Arabic; its production is associated to the stress condition of the tree. **Objective.** To induce and evaluate the gum production and quality. **Methodology.** A completely randomized design with factorial arrangement was used, factor one was seasons (spring and autumn), factor two was tree heights (2.0 and 3.0 m) and factor three was the application of two products, acid 2 -chloroethyl- phosphone (Etherel 240<sup>®</sup>) + distilled water and a control (distilled water). **Results.** The gum was produced only in primary branches between 10 and 15 days after applying 2-chloroethyl phosphonic acid + distilled water. Gum production was higher in autumn in 3.0 m trees, with an average of 57 g per tree. A yield of 10.8 kg ha<sup>-1</sup> of gum with a density of 190 trees ha<sup>-1</sup> was estimated. The content of ash and protein in gum was higher in trees of 2.0 m in autumn, while the content of fiber and nitrogen-free extract in gum was higher in trees of 3.0 m in autumn. The moisture and fat content in gum was higher in spring in trees of 2.0 and 3.0 m, respectively. The pH of the gum was less acid in 3.0 m trees in spring with a lower content of impurities. **Implications.** It is suggested to carry out other tests to determine the presence of acid 2-chloroethyl-phosphonic in the chemical composition of the gum. **Conclusion.** The application of acid 2-chloroethyl-phosphonic (20%) + distilled water stimulated gum secretion in mesquite trees. Trees treated with distilled water (control) did not produce gum.

**Keywords:** gum secretion; arid zones; sustainable use.

#### RESUMEN

**Antecedentes.** La goma de mezquite (*Prosopis laevigata* [Humb. & Bonpl. ex Willd.]) es similar a la goma arábiga; su producción se asocia al estrés del árbol. **Objetivo.** Evaluar el efecto del ácido 2 -cloroetil- fosfónico para inducir producción y mejorar la calidad de la goma. **Metodología.** Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial; el factor uno fueron épocas del año (primavera y otoño), el factor dos fueron alturas de aplicación del producto en el árbol (2.0 y 3.0 m) y el factor tres fueron, el ácido 2 -cloroetil- fosfónico (Etherel 240<sup>®</sup>)+agua destilada y un control (agua destilada). **Resultados.** La goma se produjo solo en ramas primarias entre los 10 y 15 días después de aplicar el ácido 2-cloroetil- fosfónico+agua destilada. La producción de goma fue mayor en otoño en árboles de 3.0 m, con un promedio de 57 g por árbol. Se estimó un rendimiento de 10.8 kg ha<sup>-1</sup> de goma con una densidad de 190 árboles ha<sup>-1</sup>. El contenido de cenizas y proteína en goma fue mayor en árboles de 2.0 m en otoño, mientras que el contenido de fibra y extracto libre de nitrógeno en goma fue mayor en árboles de 3.0 m en otoño. El contenido de humedad y grasa en goma fue mayor en primavera en árboles de 2.0 y 3.0 m, respectivamente. El pH de la goma fue menos ácido en árboles de 3.0 m en primavera con un contenido de impurezas menor. **Implicaciones.** Se sugiere realizar otras pruebas para determinar la presencia del ácido 2 -cloroetil- fosfónico en la composición

<sup>†</sup> Submitted November 13, 2019 – Accepted March 16, 2020. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License.  
ISSN: 1870-0462.

química de la goma. **Conclusión.** La aplicación del ácido 2 -cloroetil- fosfónico (20%) + agua destilada estimuló la secreción de goma en árboles de mezquite. Los árboles tratados con agua destilada (control) no produjeron goma.

**Palabras claves:** secreción de goma; zonas desérticas; aprovechamiento sustentable.

## INTRODUCCIÓN

En México, la superficie ocupada por árboles de mezquite es de 2,780,789.83 ha (CONAFOR, 2012; INEGI, 2012). En el Estado de Durango, México, se reportan 44,211 ha de mezquite, distribuidas en 14 de los 39 Municipios, de los cuales, Tlahualilo, Lerdo, Indé, Cuencamé, San Pedro del Gallo, San Juan de Guadalupe, Peñón Blanco, El Oro, Rodeo, Durango, Simón Bolívar y Nazas cuentan con autorización de aprovechamiento forestal maderable para la especie (Ríos *et al.*, 2011). Los productos que se obtienen de esta especie son carbón, brazuelo y leña en raja entre otros (Frías-Hernández *et al.*, 2000; Carrillo, 2002).

Existe una gran cantidad de especies vegetales con capacidad de secretar exudado o goma (Nussinovitch, 2010). La goma de mezquite es un complejo ácido de polisacáridos y glicoproteínas (Orozco *et al.*, 2000) que se usa como emulsificante, como agente estructural para excipientes y cosméticos, destacando su uso potencial en las industrias alimenticia, farmacéutica, textil, cosmética y vinícola (Flores, 2000; Valenzuela *et al.*, 2011; Rodríguez-Sauceda *et al.*, 2014).

Las gomas se conocen como un material polímero que se disuelve en agua para dar consistencia y gelatinizar (la goma de mezquite es 100% soluble en agua) y se definen también como coloides hidrofílicos o hidrocoloides (López-Franco *et al.*, 2006). La goma de mezquite se utiliza con éxito para el recubrimiento de frutos y para aumentar la vida de anaquel de estos o incluso como agente encapsulante de aceites esenciales (Beristain *et al.*, 1999). La goma de mezquite es un sustituto ideal de la goma arábiga porque ambas comparten características químicas y funcionales similares (Rico *et al.*, 2000; Córdova-Moreno, 2004; López-Franco *et al.*, 2006).

El mezquite, en sus poblaciones naturales presenta un polimorfismo notable, resultado de las condiciones variadas del medio ambiente en que se desarrolla, y de la plasticidad genética originada por el cruzamiento natural o hibridación (Burkart, 1976a,b; CONAZA-INE, 2000). El árbol de mezquite al estar expuesto al ataque de insectos, heridas mecánicas y a condiciones de estrés fisiológico como temperaturas altas y deficiencia de agua, segrega un exudado o goma de color rojo ámbar denominado goma (Olien y Bukovac, 1982). La goma emerge del árbol como consecuencia de heridas causadas por la destrucción local o lesión de una porción del cambium vascular.

La secreción está asociada con la interrupción del tejido y la proliferación de las células localizadas en el cambium vascular, y va ligada a la producción del promotor etileno. La secreción de goma previene la desecación del tejido y evita el ingreso de agentes patógenos (Saniewskii *et al.*, 2000). Para inducir la producción de goma se utilizan promotores químicos (fitohormonas) como el jasmonato de metilo (Saniewskii *et al.*, 2000) u otras formas de producción de goma como el cultivo de células en suspensión (Trejo-Espino *et al.*, 2011). El uso de etileno estimula la producción de goma en plantas de las especies *Bombax ceiba* Burn.f. y *Sterculia urens* Roxb. (Babu y Mennon, 1988) e incluso en *Acacia senegal* Willd. del que proviene la goma arábiga (Fanta-Abib *et al.*, 2012), mientras que la inducción de goma en mezquite con el uso de etileno fue reportada por primera vez por Greenwood y Morey (1979).

En México existe una demanda alta de goma arábiga. En el año 2010 se importaron 1,500,130 kg con un valor de US\$5,961,307 (INEGI, 2010). Para el 2015 se reportó un volumen de importación de 1,326,863 kg con un valor de US\$5,627,544 (Secretaría de Economía, 2016), en ambos casos el producto se importó principalmente de Francia, EUA y Alemania. En el mercado internacional su presentación y precio varían encontrándose un valor promedio de €6.00 por kilo (Quiminet, 2016). La goma de mezquite en México es importante y se aprovecha en escala muy pequeña (López-Franco *et al.*, 2006); sin embargo, los estudios sobre el tema son escasos y se presentan controversias con relación a la forma de producción, el volumen o rendimiento por cosecha, época y calidad del producto, entre otras.

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto del ácido 2 -cloroetil- fosfónico al 20% (Ethrel 240®) + agua destilada comparado con un tratamiento control (agua destilada) para inducir producción de goma en las ramas primarias de árboles de mezquite en dos épocas del año (primavera y otoño) y dos alturas del árbol (2.0 y 3.0 m) y evaluar la calidad del producto.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se realizó en un predio del Ejido San Isidro del Rayado, Municipio de San Juan de Guadalupe, Durango, México, localizado a los 24° 34' 15" LN y 102° 51' 03" LW, con una altitud promedio de 1,626 metros sobre el nivel del mar (Flores-Hernández *et*

*al.*, 2007). El tipo de clima en la zona corresponde a clima desértico acorde con la clasificación de Köppen [BW(h')w''(i')] catalogado como de tipo seco muy árido y cálido, con lluvias en verano y presencia de canícula, referida ésta como la temporada del año en la cual el calor es más fuerte y se presenta algunas semanas antes del verano. La temperatura media anual es de 17.5°C y la precipitación anual acumulada es de 306.3 mm (García, 2004; Flores-Hernández *et al.*, 2007).

### Densidad de población silvestre de mezquites

La densidad de población promedio de árboles de mezquite en el sitio de estudio con una superficie de 10 ha, delimitada por una barrera o cerco con postes y alambre de púas, fue de 190 árboles por hectárea, con un volumen promedio de madera de 2,153 m<sup>3</sup> con un peso de 8,612 kg ha<sup>-1</sup>, valores que se calcularon mediante análisis dimensional (Flores-Hernández *et al.*, 2007). En el área de estudio se presentan tres condiciones de relieve, 1) relieve bajo que fluctúa de 1,620 a 1,623 msnm, 2) relieve medio de 1,624 a 1,627 msnm y 3) relieve alto de 1,628 a 1,630 msnm). Las diferencias entre uno y otro son mínimas considerando alturas de más de 1,600 msnm; sin embargo, se observó que, en el relieve medio, la densidad de población de árboles de mezquite es superior respecto a los otros relieves, por lo que el estudio se realizó en árboles ubicados en el relieve medio.

### Poda de árboles de mezquite

En el mes de noviembre, se seleccionaron al azar 24 árboles de mezquite del área representativa y se les realizó la poda de formación, deponiendo un tallo central y sus tallos primarios y secundarios con una intensidad del 50% de la cobertura del árbol. La poda se realizó de forma anticipada con el propósito de facilitar la cicatrización de las heridas, además se ha demostrado que la poda induce el incremento en altura y área basal en árboles de mezquite y con ello se facilita el manejo del árbol (Carrillo-Flores *et al.*, 2007).

### Selección de épocas del año

Las figuras 1 y 2 muestran las variables climatológicas principales del área de estudio, observándose diferencias consistentes en estas variables en cada una de las estaciones. Bajo esa premisa, el estudio se diseñó seleccionando dos

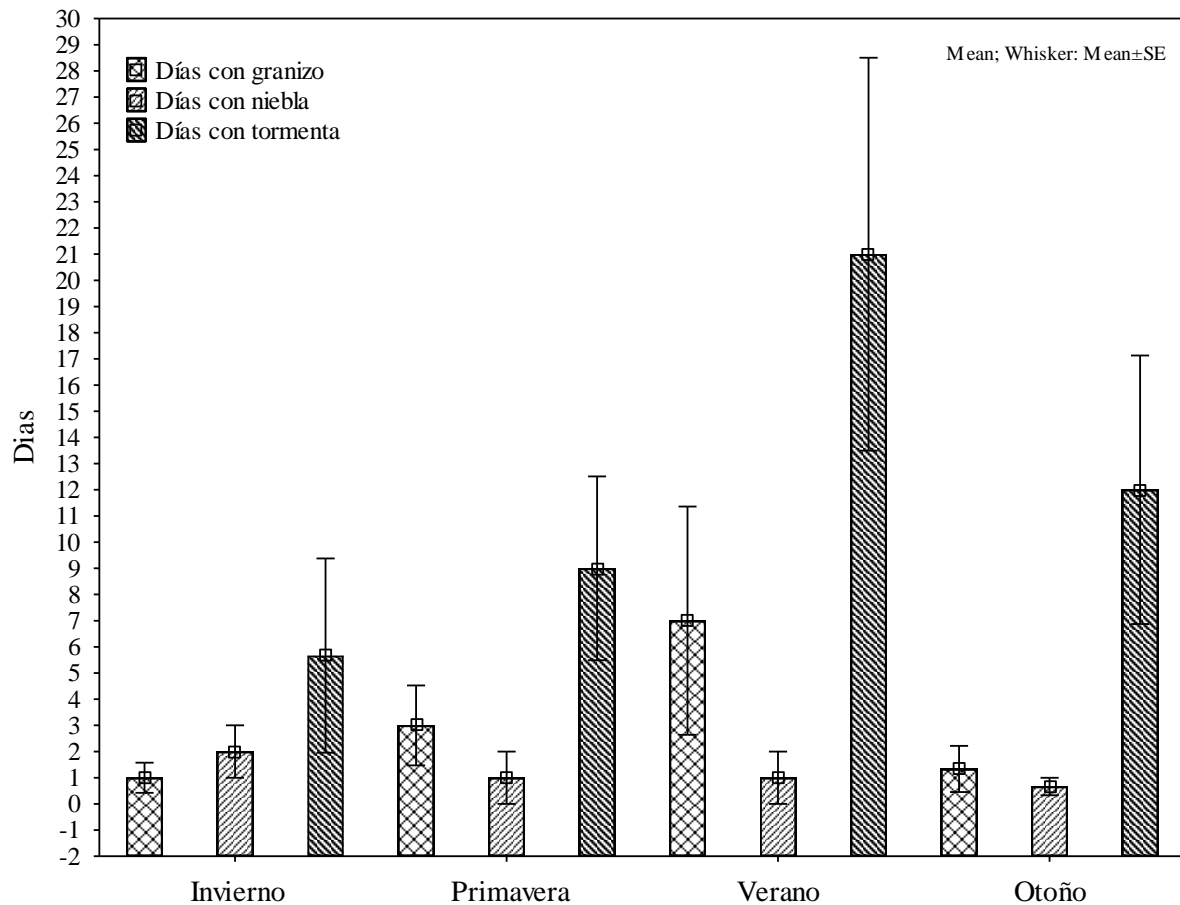
épocas del año (primavera y otoño) siendo marzo y octubre los meses representativos y fechas precisas de cada una de las épocas del año elegidas para evaluar el efecto del ácido 2 -cloroetil- fosfónico al 20% (Ethrel 240<sup>®</sup>) + agua destilada en la producción y calidad de goma de mezquite.

### Selección de árboles de mezquite

En el mes de marzo (primavera) de los 24 árboles de mezquite previamente podados, se seleccionaron al azar tres árboles de porte alto (3.0 ± 0.25 m) e igual número de ejemplares de porte medio (2.0 ± 0.25 m). Lo mismo se realizó para la segunda época del año, específicamente en el mes de octubre (otoño), es decir, de los 24 árboles de mezquite previamente podados, se seleccionaron al azar tres árboles de porte alto (3.0 ± 0.25 m) e igual número de ejemplares de porte medio (2.0 ± 0.25 m).

### Aplicación del ácido 2 -cloroetil- fosfónico al 20%

El diámetro de tallo principal y/o primario se utilizó para seleccionar los ejemplares con más de 7.62 cm de diámetro, criterio basado en función de la profundidad de 2.54 cm requerida para introducir en la corteza del árbol la solución compuesta de ácido 2 -cloroetil- fosfónico+agua destilada. El ácido utilizado fue 2 -cloroetil- fosfónico al 20% (Ethrel 240<sup>®</sup>, Ethephon), el cual es un regulador comercial del crecimiento (Bayer<sup>®</sup>, Bayer Crop Science LP, USA). El tratamiento del ácido 2 -cloroetil- fosfónico al 20% (Ethrel 240<sup>®</sup>) + agua destilada se realizó de la manera siguiente, 1) en la rama primaria a 40 cm del tallo principal se efectuó una perforación de 2.54 cm con un taladro manual, con broca de 5/16 pulgadas de diámetro, en posición inclinada (45°) descendente hacia el árbol; 2) dentro de la perforación y con una jeringa se aplicó la solución compuesta por 1 mL de ácido 2 -cloroetil- fosfónico al 20% (Ethrel 240<sup>®</sup>) + 1 mL de agua destilada. Una vez aplicada la solución compuesta, la perforación se cubrió totalmente con cinta Parafilm<sup>®</sup>; 3) finalmente se realizó una incisión de 5 cm de longitud en la corteza, en la parte superior de la perforación de la rama, utilizando un cuchillo o navaja metálica, esto con el fin de inducir la condición de estrés. Como testigo, se eligieron tres árboles para cada época del año (primavera y otoño) y tamaño o porte de árbol (porte alto y porte medio), con un total de 12 árboles, a los cuales se les realizó el mismo procedimiento anterior (corte en la zona superior) y se adicionaron 2 mL de agua destilada (control).



**Figura 1.** Días con granizo, niebla y tormenta en el área de estudio. Los datos representan valores promedios de 55 años (1963-2018). Estación climatológica San Juan de Guadalupe, Durango. Comisión Nacional del Agua. Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional.

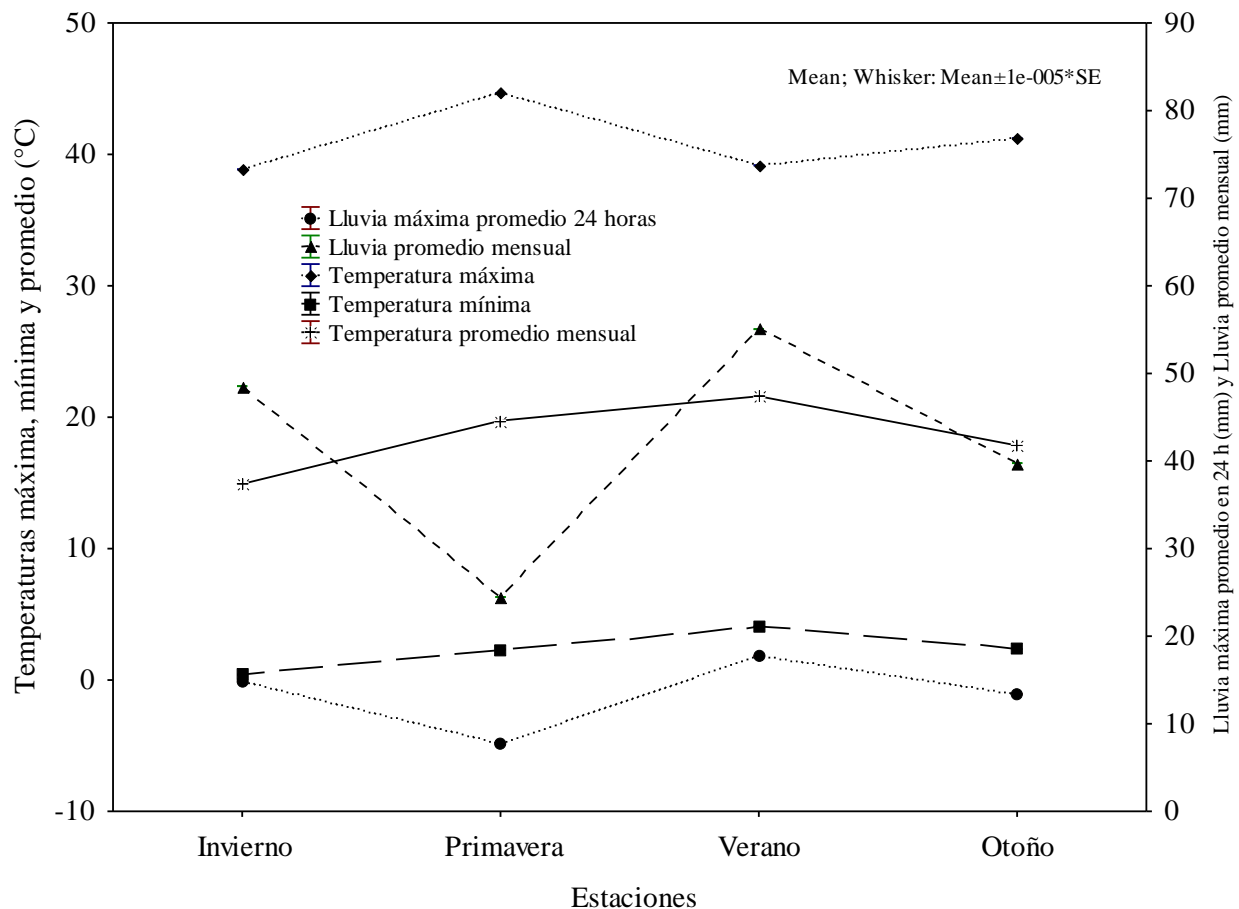
### Variables evaluadas

En ambas épocas, se registró la fecha de aplicación de ácido 2 -cloroetil- fosfónico al 20% + agua destilada y cada tercer día se revisó cada árbol para observar el inicio y el final de la secreción de goma. El final de la secreción se presentó al detenerse el crecimiento del nódulo o masa de acumulación de goma. Posteriormente, cada nódulo se retiró con una espátula y se colocó en papel encerado para registrar su peso y con ello estimar el rendimiento por planta y por hectárea. El peso de cada nódulo de goma se registró con una báscula (Ohaus®, Triple Beam 700/800 Series, USA). El análisis proximal de la goma incluyó el contenido de humedad (%) que se determinó de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-116-SSA1-1994 (DOF, 1995) y en base a materia seca se midieron cenizas (%) de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NMX-F-066-S-1978), grasa (%) por el método Soxhlet y en base a la Norma Oficial Mexicana (NMX-F-089-S-1978), proteína (%)

de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NMX-F-068-S-1980), fibra cruda (%) acorde con la Norma Oficial Mexicana (NMX-F-090-S-1978). El extracto libre de nitrógeno (ELN, %) el pH y las impurezas (% en base a materia fresca) se determinaron de acuerdo con Matissek *et al.* (1998). Todos los análisis se realizaron en el laboratorio del Centro para la Integración y Desarrollo de la Industria Alimentaria de Durango, A.C.

### Diseño experimental

El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial, considerando como primer factor las épocas del año (primavera y otoño), como segundo factor las alturas o portes de los árboles de mezquite (2.0 y 3.0 m) y como tercer factor dos tratamientos, 1 mL de ácido 2 -cloroetil- fosfónico al 20% (Ethrel 240®) + 1 mL de agua destilada y un control (2 mL de agua destilada) con tres repeticiones.



**Figura 2.** Temperatura máxima, mínima, promedio; lluvia máxima promedio en 24 horas y lluvia promedio mensual en el área de estudio. Los datos representan valores promedios de 55 años (1963-2018). Estación climatológica San Juan de Guadalupe, Durango. Comisión Nacional del Agua. Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional.

### Análisis estadístico

Para cada variable evaluada, se realizaron análisis de varianza de dos vías y comparaciones múltiples de medias (Tukey HSD,  $p=0.05$ ), considerando sólo dos factores en estudio (épocas del año y alturas o porte de árboles), lo anterior debido a que los árboles a cuyas ramas se les realizó el corte en la zona superior y se les adicionó 2 mL de agua destilada, es decir, aquellos árboles del tratamiento control, no secretaron goma. En todas las variables de respuesta (producción, contenido de cenizas, humedad, grasa, proteína, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno e impurezas de la goma), los valores promedio se consideraron estadísticamente diferentes cuando  $p \leq 0.05$ . Para cumplir con los supuestos de normalidad, los datos de las variables expresadas en porcentaje se transformaron mediante arcoseno (Little

and Hills, 1989; Steel y Torrie, 1995). Los análisis estadísticos se realizaron con el programa Statistica v. 13.5 (TIBCO Software Inc., 2018).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Días entre la aplicación de tratamientos y el inicio de secreción de goma

El inicio de la secreción de goma en ambas épocas del año y alturas de árboles se presentó entre 10 y 15 días después de aplicar el ácido 2 -cloroetil- fosfónico al 20% + agua destilada y en otro tiempo similar se detectó el cese del crecimiento del nódulo o masa de acumulación de goma en ambos factores de estudio, etapas del año y alturas de árboles. La secreción de goma sólo se presentó en diferentes puntos de la rama tratada hacia la parte superior de la misma, a partir de

la sección donde se realizó la perforación y se aplicó el ácido. En los árboles donde sólo se aplicó agua destilada (control), no se registró secreción de goma. El nódulo o masa de acumulación de goma en las ramas tratadas con ácido se presentó compacto y de color ámbar. En algunos árboles tratados en otoño (octubre) que es la época de presencia de precipitaciones en el sitio de estudio, la secreción de goma tiende a ser filamentososa, más transparente y líquida, la cual desciende (escurre) hacia el suelo a lo largo de la rama (Fig. 3), lo que dificulta su cosecha y aumenta la cantidad de impurezas.

### Producción de goma de mezquite

La producción de goma mostró diferencias significativas entre épocas del año ( $F_{1,8}=38.18$ ,  $p=0.0002$ ), altura del árbol ( $F_{1,8}=31.74$ ,  $p=0.0004$ ) y la interacción de épocas  $\times$  altura del árbol ( $F_{1,8}=10.65$ ,  $p=0.01$ ). La tabla 1 muestra que la producción de goma fue mayor en otoño en árboles de 3.0 m a cuyas ramas se les aplicó el ácido 2 -cloroetil- fosfónico + agua destilada, seguido en orden descendente por los árboles de 2.0 m tratados en otoño, árboles de 3.0 y 2.0 m tratados en primavera. Los árboles a cuyas ramas solo se aplicó agua destilada (control), no registraron secreción de goma. La producción promedio de goma en otoño en árboles de porte alto (3.0 m) fue de 57.6 g por árbol y basado en la densidad promedio de población del sitio de estudio (190 plantas  $ha^{-1}$ ) se estimó un rendimiento de goma de 10.83  $kg\ ha^{-1}$ , lo que resulta superior al rendimiento de goma en mezquite silvestre, que se reporta de 2.0  $kg\ ha^{-1}$  (Villanueva *et al.*, 2004) y de 0.132-0.240  $kg\ ha^{-1}$  (López-Franco *et al.*, 2006). Sin embargo, la producción que se obtuvo en este estudio es inferior a la producción de goma arábica de *Acacia senegal* en condición semiárida, que reportan producciones de 0.077, 0.313 y 0.214  $kg\ árbol^{-1}$  con la aplicación de 0, 40 y 120 mg de ácido 2 -cloroetil- fosfónico (etefón) suministrados a todas las ramas del árbol (Fanta-Abib *et al.*, 2012).

Por otra parte, se debe estimar la profundidad del xilema secundario en el tallo de mezquite porque en otras especies como *Sterculia urens* Roxburgh se observó que en el xilema se encuentra una distribución mayor de cavidades inducidas por etileno que presentan goma o mucilago (Mennon y Babu, 1988) lo que probablemente influya en mezquite para mejorar la producción de goma. El hecho que en los árboles donde solo se aplicó agua destilada (control) no registraron secreción de goma, es evidencia que perforar y originar una herida en la parte superior del árbol como inducción de la secreción, no estimula la producción de goma. Sin embargo, se reporta que la síntesis de goma es provocada por el desarrollo

traumático de ductos o cavidades en el xilema secundario debido a daños mecánicos o tratamiento de ácido 2 -cloroetil- fosfónico (Greenwood y Morey, 1979). También las temperaturas altas y estrés hídrico incrementan la producción de goma de mezquite (López-Franco *et al.*, 2012). Estos árboles prueban que sin la adición del ácido 2 -cloroetil- fosfónico + agua destilada aún con un estímulo físico provocado, no secretan goma, siendo evidente el efecto de la adición del ácido 2 -cloroetil- fosfónico + agua destilada para estimular la secreción de goma. El resultado que mostró que el daño físico no induce la secreción de goma coincide con un reporte de CONAZA-INE (2000) que señala que la producción de goma se considera como aprovechamiento sustentable del árbol porque no provoca su destrucción. La estimación del rendimiento de goma ( $kg\ ha^{-1}$ ) no es precisa, considerando la variación fenotípica en la población de mezquite del sitio de estudio y del deterioro en el área; sin embargo, la variación fenotípica es común en poblaciones de mezquites silvestres (Burkart, 1976a,b; CONAZA-INE, 2000). No obstante, la secreción debido a la aplicación del ácido 2 -cloroetil- fosfónico + agua destilada es efectiva en esta condición, por lo tanto al implementar medidas de protección y manejo de la población de mezquite y utilizar las demás ramas del árbol, es probable que el rendimiento de goma se incremente considerablemente. Por otra parte, se observó que el mismo orificio originado para la aplicación del ácido 2 -cloroetil- fosfónico + agua destilada puede utilizarse en aplicaciones siguientes evitando con ello dañar al árbol, disminuyendo además los costos de mano de obra. En un muestreo adicional en el área de estudio se detectó una variación alta en la producción natural de goma, encontrándose algunos árboles sin secreción de goma y otros con goma, incluso con una producción de 1.742  $kg$ , cuyo árbol mostró 5 m de altura, el cual es un candidato ideal para un proceso de mejora genética de plantas de mezquite para esta característica.

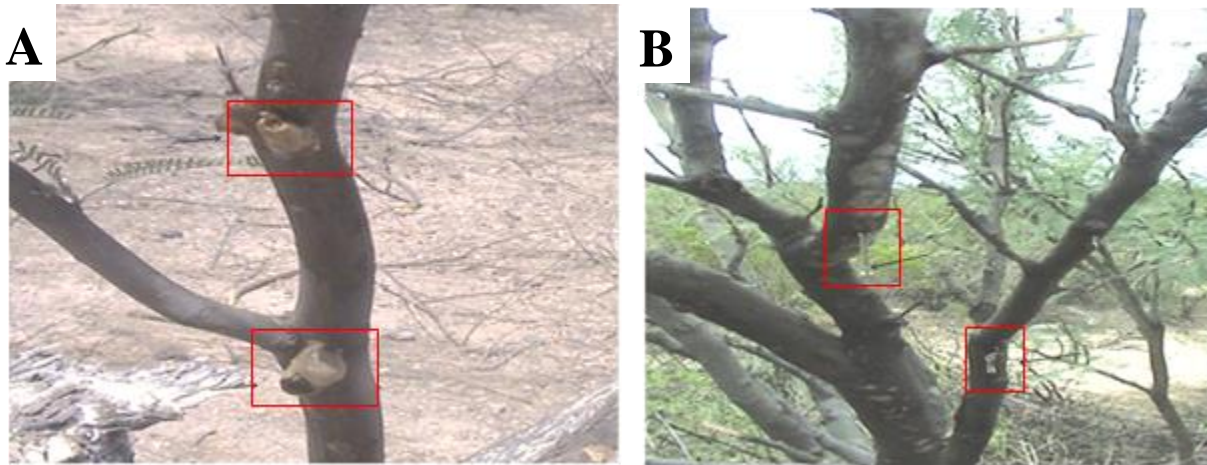
### Composición química de la goma de mezquite

La humedad solo mostró diferencias significativas entre épocas del año ( $F_{1,8}=935.6$ ,  $p=0.00001$ ) y altura del árbol ( $F_{1,8}=87.0$ ,  $p=0.00001$ ). Aunque la humedad no mostró diferencias significativas para la interacción épocas del año  $\times$  altura del árbol, la tabla 1 muestra que el contenido mayor de humedad se presentó en la goma colectada en primavera en árboles de porte medio (2.0 m), mientras que el contenido de humedad menor se presentó en la goma colectada en otoño en árboles de porte alto (3.0 m). El promedio de humedad de la goma considerando las dos épocas del año y los dos portes o alturas de árboles fue de  $18.73\pm 3.65\%$ , valor superior al

reportado en goma de mezquite (10%) por López-Franco *et al.* (2012).

El contenido de cenizas sólo mostró diferencias significativas entre épocas del año ( $F_{1,8}=15.04$ ,  $p=0.004$ ). La tabla 1 muestra la interacción de épocas del año  $\times$  altura del árbol que no fue significativa para cenizas; sin embargo, se observó que el contenido de cenizas en la goma fue mayor en la colectada en

otoño en árboles de 2.0 y 3.0 m y disminuyó en la primavera en árboles de 2.0 m. Los valores promedio del contenido de cenizas en goma colectada en otoño fueron de 3.81 y 3.09% en árboles de 2.0 y 3.0 m respectivamente, los cuales superan el promedio del contenido de cenizas reportado en goma de mezquite por López-Franco (2009) cuyo valor promedio fue de 2.61%.



**Figura 3.** Secreción de goma en ramas de mezquite tratadas con ácido 2 -cloroetil- fosfónico al 20% + 1 agua destilada en dos épocas del año (primavera y verano) y dos tamaños de árbol (2.0 y 3.0 m de altura). En primavera (marzo), la secreción de goma fue en forma de nódulos (A) mientras que en otoño (octubre) la secreción de goma fue en forma de filamentos (B).

**Tabla 1. Valores promedio de la producción de goma y su composición química con base en peso seco de goma inducida mediante solución de ácido 2 -cloroetil- fosfónico al 20% + agua destilada considerando dos épocas del año (primavera y otoño) y dos alturas del árbol (2.0 y 3.0 m).**

Época del año	Altura del árbol (m)	Producción (g)	Cenizas (%)	Humedad (%)	Grasa (%)	
Primavera	3.0	18.96±3.68 b	2.10±0.63 a	21.00±0.23 a	1.50±0.3 a	
Primavera	2.0	9.26±1.21 b	1.98±0.04 a	22.50±0.23 a	1.39±0.02 a	
Otoño	3.0	57.63±5.84 a	3.09±0.05 a	14.63±0.12 a	0.79±0.03 a	
Otoño	2.0	21.20±4.21 b	3.81±0.06 a	16.76±0.20 a	0.98±0.04 a	
		Proteína (%)	Fibra cruda (%)	ELN (%)	pH	Impurezas (%)
Primavera	3.0	0.31±0.02 c	0.027±0.00 c	74.30±4.21 a	4.56±0.03 a	1.95±0.49 a
Primavera	2.0	1.10±0.01 b	0.031±0.00 c	72.70±4.73 a	4.36±0.03 a	2.10±0.57 a
Otoño	3.0	2.09±0.04 a	0.13±0.00 a	79.40±2.94 a	4.46±0.03 a	3.70±0.86 a
Otoño	2.0	2.15±0.02 a	0.11±0.04 b	76.38±3.98 a	4.30±0.02 a	2.40±0.69 a

Los árboles del control no mostraron producción de goma, por lo anterior no se obtuvieron datos.

E.L.N.= Extracto Libre de Nitrógeno. Valores promedio  $\pm$  EE. Promedios con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey HSD,  $p=0.05$ ).

El contenido de grasa en goma solo mostró diferencias significativas entre épocas del año ( $F_{1,8}=14.27$ ,  $p=0.005$ ). El contenido de grasa de goma fue mayor en la goma colectada en primavera en árboles de 3.0 m mientras que la goma colectada en otoño en árboles de 3.0 m, mostró el contenido menor de grasa (Tabla 1). El promedio del contenido de grasa de goma de mezquite considerando las dos épocas del año y las alturas de árboles fue de  $6.13\pm 0.89\%$ , el cual es superior al 0.3% reportado por Reveles-Saucedo *et al.* (2010) en goma de mezquite (*Prosopis laevigata*) en la región de estudio (Durango).

EL contenido de proteína en goma mostró diferencias significativas entre épocas del año ( $F_{1,8}=2250.27$ ,  $p=0.0000001$ ), altura de árboles ( $F_{1,8}=351.48$ ,  $p=0.0000001$ ) y la interacción épocas  $\times$  altura de árboles ( $F_{1,8}=297.10$ ,  $p=0.0000001$ ). El contenido de proteína en goma se incrementó en la goma colectada en otoño en árboles de 2.0 m y disminuyó en primavera en árboles de 3.0 m (Tabla 1). Los valores máximos de proteína (2.15%) en goma en este estudio coinciden con los descritos por Fincher *et al.* (1983), Goycoolea *et al.* (1998), Orozco-Villafuerte *et al.* (2003) y López-Franco *et al.* (2004) que reportan que la goma de mezquite tiene una fracción proteica que oscila entre 2 y 4.8%. Sin embargo, la proteína fue menor respecto al valor promedio de 8.1% reportado por Trejo-Espino *et al.* (2010) en un cultivo de células en suspensión de *Prosopis laevigata* por lo que debe considerarse que el presente estudio se realizó con árboles de mezquite silvestres. Por su parte, Vernon-Carter *et al.* (2000) señalan que el contenido de proteína en goma de mezquite fluctúa entre 0.7 y 5.8% del total de la molécula. Reveles-Saucedo *et al.* (2010) reportan contenidos de proteína en goma de mezquite (*Prosopis laevigata*) colectada en árboles de la región de Durango, con 3.9% de proteína, valor superior al máximo obtenido en este estudio. Las diferencias encontradas entre los valores reportados en mezquite difieren precisamente por la variabilidad fenotípica que presentan los árboles silvestres de mezquite, además de las condiciones ambientales prevalecientes en las zonas de estudio, mismas que difieren tanto en espacio como en tiempo.

El contenido de fibra cruda en goma mostró diferencias significativas entre épocas del año ( $F_{1,8}=893.24$ ,  $p=0.0000001$ ) y la interacción épocas  $\times$  altura de árboles ( $F_{1,8}=12.05$ ,  $p=0.008$ ). La tabla 1 muestra que el contenido de fibra cruda en goma mostró un contenido mayor en la goma colectada en otoño en árboles de 3.0 m, seguido de la goma colectada en otoño en árboles de 2.0 m. El valor menor de fibra cruda en goma se presentó en la goma colectada en primavera en árboles de 3.0.

El extracto libre de nitrógeno (ELN) referido al total de carbohidratos solubles en goma no mostró diferencias significativas entre los factores en estudio. La tabla 1 muestra que el valor promedio superior de ELN en goma se presentó en la goma colectada en otoño en árboles de 3.0 m, mientras que el contenido menor de ELN en goma se presentó en la goma colectada en primavera en árboles de 2.0 m. El promedio de ELN en goma de mezquite considerando las dos épocas del año y las dos alturas de árboles fue de  $75.70\pm 2.89\%$ , el cual es inferior al  $92.4\%\pm 0.3$  reportado por Reveles-Saucedo *et al.* (2010) en goma de mezquite (*Prosopis laevigata*) en la región de Durango.

El pH de la goma mostró diferencias significativas entre épocas del año ( $F_{1,8}=6.67$ ,  $p=0.03$ ) y altura de árboles ( $F_{1,8}=32.27$ ,  $p=0.0004$ ). La tabla 1 muestra los promedios del pH de la goma considerando la interacción de los dos factores, observándose en general valores de pH reconocidos como ácidos, con un promedio de  $4.43\pm 0.12$ , con acidez mayor la goma colectada en otoño en árboles de 2.0 m, mientras que la goma con menor acidez se colectó en primavera en árboles de 3.0 m. En general, el valor del pH de la goma obtenida en este estudio coincide con los valores de goma de mezquite y goma arábica reportada por López-Franco *et al.* (2004) que reportan valores promedio de pH de 4.5 y 4.3 para goma de mezquite y goma arábica, respectivamente, indicando que los valores normales del pH de la goma de mezquite fluctúan entre 4.5 y 5.5.

Las impurezas en la goma, que son partes pequeñas de corteza, hoja y polvo que se adhieren a la goma antes y durante la cosecha, no presentó diferencias significativas para ninguno de los factores en estudio. Sin embargo, los resultados se presentan considerando la interacción de los dos factores, observándose que la goma colectada en otoño en árboles de 3.0 m, presentó un contenido mayor de impurezas, mientras que la goma colectada en primavera en árboles de 3.0 m mostró un contenido menor de impurezas (Tabla 1). El incremento del contenido de impurezas en la goma colectada en otoño se debe a que en esa época la secreción de goma tiende a ser filamentosa, más transparente, líquida y desciende (escurre) hacia el suelo a lo largo de la rama dificultando y provocando que arrastre impurezas, además, en esta época se presentan precipitaciones en el área de estudio, que provocan que la goma al contacto con el agua, también escurre sobre las ramas del árbol, arrastrando impurezas. Cabe señalar que la goma colectada en este estudio no se clasificó acorde con las categorías o clases de goma de mezquite, por lo que el valor de impurezas promedio fue de  $2.54\pm 0.80\%$ , considerado como alto.



Por su parte, López-Franco *et al.* (2012) al clasificar la goma de mezquite en tres categorías, reporta valores de 0.16, 0.65 y 1.82% para las categorías MGA, MGB y MGC, respectivamente. Esta clasificación va del rango con la calidad más alta (MGA) a la calidad más baja (MGC) respecto a las impurezas y estas categorías, aunque son subjetivas, se basan en los criterios del tamaño de nódulo, conocido también como “lagrima”, la integridad del nódulo, el color y el contenido visible de impurezas, tomando estos criterios similares a los aplicados a la clasificación de la goma arábica, reportados por Wareing (1997).

### CONCLUSIONES

Se provocó la secreción de goma de árboles de mezquite de 2.0 y 3.0 m de altura en dos épocas del año (primavera y verano) mediante la aplicación de ácido 2 -cloroetil- fosfónico (20%) + agua destilada. Los árboles de mezquite (2.0 y 3.0 m de altura) del tratamiento control (2 mL de agua destilada) no registraron secreción en ninguna de las dos épocas del año (primavera y otoño).

En el área de estudio, la fecha de aplicación óptima del ácido 2 -cloroetil- fosfónico al 20% + agua destilada es la época de otoño (octubre) y de preferencia en árboles de porte altos (3.0 m), pues se obtiene un peso promedio de goma de 57 g por árbol, cuyo valor estimado en rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en función de la densidad de plantación será de  $10.8 \text{ kg ha}^{-1}$ .

El contenido de cenizas, humedad, grasa, proteína, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno e impurezas en goma colectada en árboles tratados con ácido 2 -cloroetil- fosfónico (20%) + agua destilada no mostraron una tendencia definida para época o para altura de árboles; sin embargo, se sugiere realizar otras pruebas para determinar la presencia del ácido 2 -cloroetil- fosfónico al 20% en la composición química de la goma, porque éste ácido se utiliza por lo general como regulador de crecimiento de las plantas.

### Agradecimientos

**Financiamiento.** Se agradece el apoyo al Fondo Mixto Durango Clave DGO-2006-CO1-43801 y al Instituto de Innovación en Biosistemas y Desarrollo Sustentable en Zonas Áridas (IIBIODEZA) de la Universidad Autónoma Chapingo por el apoyo otorgado para realizar esta investigación. El autor de correspondencia agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo otorgado para realizar estancia sabática en el extranjero mediante el

programa “Apoyos para estancias sabáticas vinculadas a la consolidación de grupos de investigación y/o el fortalecimiento del posgrado nacional (2017-I).

**Conflicto de interés:** Los autores declaran que no existe conflicto de interés. La investigación se realizó en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de interés.

**Cumplimiento de las normas éticas:** La investigación no incluyó mediciones con humanos o animales. El sitio de estudio no es considerado un área protegida ni la especie en estudio se encuentra protegida o en peligro de extinción, por lo tanto, su uso tiene efectos insignificantes en el funcionamiento más amplio del ecosistema.

**Disponibilidad de datos:** Los autores confirman que todos los datos subyacentes a los hallazgos están totalmente disponibles sin restricciones, previa solicitud razonable al autor de correspondencia, Dr. Bernardo Murillo-Amador, al correo electrónico [bmurillo04@cibnor.mx](mailto:bmurillo04@cibnor.mx). Todos los datos relevantes necesarios para replicar este estudio se describen en el documento.

### REFERENCIAS

- Babu, A.M. and Mennon, A.R.S. 1989. Ethephon induced gummosis in *Bombax ceiba* and *Sterculia urens* Roxb. *Indian Forester*. 115:44-47.
- Beristain, C.I., García, H.S. and Vernon-Carter, E.J. 1999. Mesquite gum (*Prosopis juliflora*) and maltodextrin blends as wall materials for spray-dried encapsulated orange peel oil. *Food Science and Technology*. 5(4):353-356.
- Burkart, A. 1976a. A monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae subfam. Mimosoideae). [Part 1.]. *Journal of the Arnold Arboretum*. 57(3):219-249.
- Burkart, A. 1976b. A monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae subfam. Mimosoideae). [Part 2.]. *Journal of the Arnold Arboretum*. 57(4):450-525.
- Carrillo-Flores, R. 2002. Estudio de la vegetación de mezquite (*Prosopis juliflora*). Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Bermejillo, Durango, México.
- CONAZA-INE (Comisión Nacional del Zonas Áridas-Instituto Nacional de Ecología). 2000. Mezquite (*Prosopis* spp.) cultivo

- alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. Comisión Nacional de Zonas Áridas e Instituto Nacional de Ecología. Folleto. México, D.F. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx>. Consultado 25 de abril de 2019.
- Córdova-Moreno, R.E. 2004. Clasificación y caracterización fisicoquímica de la goma de mezquite (chúcata) cruda y ultrafiltrada. Tesis. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México. 110 p.
- Fanta-Abib, Ch., Ntoupka, M., Peltier, R., Harmand, J.M. and Thaler, P. 2012. Ethepon: a tool to boost gum arabica production from *Acacia senegal* and to enhance gummosis processes. *Agroforest Systems*. DOI 10.1007/s10457-012-9564-y.
- Flores, D.A. 2000. Estudio toxicológico multigeneracional de la goma de mezquite utilizando ratas Wistar. En: Frías-Hernández, J.T., Olalde-Portugal, V. y Vernon-Carter, E.J. (Eds.) El mezquite, árbol de usos múltiples. Estado actual del conocimiento en México. Universidad de Guanajuato. Guanajuato, México. pp. 227-247.
- Flores-Hernández, A., Trejo-Calzada, R., Arreola-Ávila, J.G., García-Herrera, G., Zarate-Valdez, J.L. and Hernández-Herrera, J.A. 2007. Características agroecológicas de la población de mezquite (*Prosopis* spp.) en la región de San Juan de Guadalupe, Durango, México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. 6(2):211-217.
- Frías-Hernández, J.T., Olalde-Portugal, V. and Vernon-Carter E.J. 2000. *El mezquite, árbol de usos múltiples*. Estado actual del conocimiento en México (Memoria). Universidad de Guanajuato. Guanajuato, México. pp. 161-184.
- García, E. 2004. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 98 p.
- Fincher, G.B., Stone, B.A. and Clarke, A.E. 1983. Arabinogalactan-proteins: structure, biosynthesis and function. *Annual Review Plant Physiology*. 34:47-70.
- Goycoolea, F.M., Calderón de la Barca, A.M., Balderrama, J.G., Valenzuela, J.R. and Hernández, G. 1998. Processing and functional behaviour of low-tannin mesquite gum. En: Williams P.A. and Phillips, G.O. (Eds.). Gums and stabilizers for the food industry 9. Royal Society of Chemistry. Cambridge, United Kingdom. pp. 305-313.
- Greenwood, C. and Morey, P. 1979. Gummosis in honey mesquite. *Botanical Gazette*. 140(1):32-38.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010. *Anuario estadístico del comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos 2010*: importación en pesos. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (382.5972021). México: c2011. 2113 p.
- Little, T.M. and Hills, F.J. 1989. *Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura*. Ed. Trillas. México. 270 p.
- López-Franco, Y.L., Valdez, M.A., Hernández, J., Calderón de la Barca, A.M., Rinaudo, M. and Goycoolea, F.M. 2004. Macromolecular dimensions and mechanical properties of monolayer films of Sonorean mesquite gum. *Macromolecular Bioscience*. 4: 865-874.
- López-Franco, Y.L. 2009. Uso del mezquite como fuente de polisacáridos de alto valor agregado. Disponible en: [http://www.conafor.gob.mx/.../Mezquite/uso\\_d\\_el\\_mezquite\\_como\\_fuente\\_de\\_polisacáridos\\_d\\_e\\_alto\\_valor\\_agregado.pdf](http://www.conafor.gob.mx/.../Mezquite/uso_d_el_mezquite_como_fuente_de_polisacáridos_d_e_alto_valor_agregado.pdf). 32 p. Consultado el 27 de abril de 2019.
- López-Franco, Y.L., Goycoolea, F.M., Valdez, M.A. and Calderón de la Barca, A.M. 2006. Goma de mezquite: una alternativa de uso industrial. *Interciencia*. 31(3):183-189.
- Matissek, R., Schnepel, F.M. and Steiner, G. 1998. *Análisis de alimentos. Fundamento, métodos, aplicaciones*. Edit. Acribia, Zaragoza, España. 416 p.
- Moller, E. 2005. *Biotecnología Mexicana de Punta*. Ed. Contenido S.A. de C.V. No. 501. 11 p.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 1995. Norma Oficial Mexicana (NOM-116-SSA1-1994). Norma Oficial Mexicana NOM-116-SSA-1994. Bienes y servicios. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Método por arena o gasa. Ciudad de México a 29 de junio de 1995. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/116ssa14.html>. Consultado el 20 de junio de 2018.
- NMX-F-066-S-1978. Determinación de cenizas en alimentos. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas. Disponible: <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexi>

- canas/NMX-F-066-S-1978.PDF. Consultado el 20 de junio de 2018.
- NMX-F-089-S-1978. Determinación de extracto etéreo (método Soxhlet) en alimentos. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas. Disponible: <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-089-S-1978.PDF>. Consultado el 20 de junio de 2018.
- NMX-F-068-S-1980. Alimentos. Determinación de proteínas. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas. Disponible: <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-068-S-1980.PDF>. Consultado el 20 de junio de 2018.
- NMX-F-090-S-1978. Determinación de fibra cruda en alimentos. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas. Disponible: <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-090-S-1978.PDF>. Consultado el 20 de junio de 2018.
- Nussinovitch, A. 2010. *Plant gum exudates of the world: Sources, distribution, properties, and applications*. CRC Press. Taylor and Francis Group. 402 p.
- Olien, W.C. and Buckovac, M.J. 1982. Ethephon-induced gummosis in sour cherry (*Prunus cerasus* L.). II. Flow characteristics of gum solutions. *Plant Physiology*, 70:556-559.
- Orozco, V.J., Meraz, S.V., Lechuga, J.C. and Cruz, F.S. 2000. Inducción de goma de mezquite por cultivos *in vitro* de segmentos nodales. En: Frías-Hernández, J.T., Olalde-Portugal, V. y Vernon-Carter E.J. (Eds.). El mezquite, árbol de usos múltiples. Estado actual del conocimiento en México. Universidad de Guanajuato. Guanajuato, México. pp. 143-152
- Orozco-Villafuerte, J., Cruz-Sosa, F., Ponce-Alquicira, E. and Vernon-Carter J. 2003. Mesquite gum: fractionation and characterization of the gum exuded from *Prosopis laevigata* obtained from plant tissue culture and from wild trees. *Carbohydrate Polymers*. 54:327-333.
- Quiminet. 2016. Disponible en: <http://www.quiminet.com/productos/goma-arabiga-152801036/precios.htm>. Consultado el 25 de abril de 2019.
- Reveles-Saucedo, F.O., Rosales-Serna, R., Nava-Berúmen, C.A., Delgado-Licón, E., Cuéllar-Robles, E.I., Carrete-Carreón, F.O. and Ríos-Saucedo, J.C. 2010. Identificación de especies vegetales con potencial para la producción de biocombustibles líquidos en Durango, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 1(1):45-54.
- Rico, I., Nieto, Z.V. and Bourges, H.R. 2000. Evaluación de la dosis letal media (LD<sub>50</sub>) y fibra dietética de la goma de mezquite. En: Frías-Hernández, J.T., Olalde-Portugal, V. y Vernon-Carter, E.J. (Eds.). El mezquite, árbol de usos múltiples. Estado actual del conocimiento en México. Universidad de Guanajuato. Guanajuato, México. pp. 203-210.
- Ríos S.J.C., Rosales, R.S. and Valenzuela, N.L.M. 2011. Comparación de las características nutricias y reproductivas en dos especies de mezquite utilizadas en Durango, México. En: Memorias de la XXIII Semana Internacional de Agronomía. Facultad de Agricultura y Zootecnia-Universidad Juárez del Estado de Durango. Gómez Palacio, Durango, México. pp. 660-664.
- Rodríguez-Sauceda, E.N., Rojo-Martínez, G.E., Ramírez-Valverde, B., Martínez-Ruiz, R., Cong-Hermida, M.C., Medina-Torres, S.M. and Piña-Ruiz, H.H. 2014. Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd.) en México. *Ra Ximhai*. 10(3):173-193.
- Saniewskii, M., Ueda, J., Miyamoto, K., Horbowicz, M. and Puchalski, J. 2000. Methyl jasmonate induces gummosis in plants. *Human and Environmental Sciences*. 9:93-100.
- Secretaría de Economía. 2005. Importaciones por país para la subpartida 1301.20 (goma arábica). Sistema de Información Arancelaria (SIAVI). Disponible en: <http://www.economia-scni.gob.mx>. Consultado el 22 de abril de 2019.
- Steel, G.D. and Torrie, J.H. 1995. Bioestadística. Principios y procedimientos. Ed. McGraw Hill. México. 622 p.
- TIBCO Software Inc. 2018. Statistica (data analysis software system), version 13. <http://tibco.com>.
- Trejo-Espino, J.L., Rodríguez-Monroy, M., Vernon-Carter, E.J. and Cruz-Sosa, F. 2011. Establishment and characterization of *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd) M.C. Johnst. cell suspension culture: a biotechnology approach for mesquite gum production. *Acta Physiologiae Plantarum*. 33(5):1687-1695.

- Trejo-Espino, J.L., Rodríguez-Monroy, M., Vernon-Carter, E.J. and Cruz-Sosa, F. 2010. Emulsifying properties of the gum produced by *Prosopis laevigata* (Humb. & Nonpl. ex Willd) M.C. Johnst (mesquite) cells suspension culture in bioreactor. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 9(3):251-260.
- Valenzuela, N.L.M., Ríos, S.J.C., Trucíos, C.R., Flores-Hernández, A. and López, H.J.A. 2011. *Lineamientos para el aprovechamiento del mezquite*. Folleto Técnico No. 22. INIFAP CENID-RASPA Gómez Palacio, Durango. 53 p.
- Vernon-Carter, E.J., Beristain, C.I. and Pedroza-Islas, R. 2000. *Mesquite gum (Prosopis gum)*. In: *Novel Macromolecules in Food Systems* (G. Doxastakis G and V. Hiosseoglu, eds.), Elsevier, Amsterdam. pp. 217-238.
- Villanueva, D.J., Jasso, I.J., González, C.G., Sánchez, C.I. and Potisek, T.M.C. 2004. *El mezquite en la Comarca Lagunera*. Alternativa de producción para ecosistemas desérticos. Folleto Científico No. 14. Gómez Palacio, Durango. 35 p.
- Wareing, M.V. 1979. *Exudate gums*. In: Imeson A. (Ed.). *Thickening and gelling agents for food* (2 Ed.). Aspen Publishers. pp. 86-118.