

Caracterización morfométrica, viabilidad y germinación de semillas de mezquite y huizache en el noreste de México

Morphometric characteristics, viability and germination of mesquite and sweet acacia seeds in northeastern Mexico

Villarreal Garza JA¹, A Rocha Estrada¹, ML Cárdenas-Ávila², S Moreno Limón¹, M González Álvarez¹, V Vargas López¹

Resumen. Las especies nativas de zonas áridas y semiáridas de México, en particular el mezquite mielero (*Prosopis glandulosa* Torr.) y el huizache (*Vachellia farnesiana* Wright), constituyen un recurso vegetal de gran importancia económica para la población rural. Ésta colecta y almacena las vainas secas para alimentar al ganado, y los tallos los utilizan de manera artesanal, para la obtención de postes para cercas y para fabricar carbón. El uso indiscriminado de estas especies sin un plan de manejo y aprovechamiento, ha ocasionado que estos recursos cada vez estén menos disponibles. Ante esta situación es necesario realizar estudios que permitan la obtención de plántulas para la reforestación de los sitios degradados. Con el propósito de conocer algunas características relacionadas con la calidad fisiológica de las semillas de ambas especies se realizaron (1) un análisis morfométrico, y (2) pruebas de viabilidad y germinación *in vivo* e *in vitro* en dichas semillas. Las semillas de mezquite fueron romboide-aplanadas, de color café-amarillo, con un tamaño promedio de 4,21 mm de ancho por 6,97 mm de largo, y un peso promedio de 0,34 g; las semillas de huizache fueron ovalado-globosas, de color verde-olivo, de 4,36 mm de ancho por 5,32 mm de largo, y con un peso promedio de 0,4 g. Para la prueba de viabilidad los resultados fueron de 62% (mezquite) y 7% (huizache). En relación a la germinación *in vivo* el porcentaje fue de 51% para mezquite y 6% para huizache. Para las semillas tratadas con H₂SO₄ durante 20 minutos, los porcentajes de germinación *in vitro* fueron del 96% en mezquite y 80% para huizache.

Palabras clave: Nuevo León; Semillas; AIA; BAP.

Abstract. Species native to arid and semiarid regions of Mexico, including honeycreeper mesquite (*Prosopis glandulosa* Torr.) and sweet acacia (*Vachellia farnesiana* Wright), constitute a plant resource of great economic importance to the rural population. They collect and store the dry pods to feed livestock, and stems are used to obtain fence posts and make charcoal. The indiscriminate use and lack of a management plan have determined a much lower availability of these resources. As a result, it is necessary to conduct studies to produce seedlings for reforestation of degraded ecosystems. A morphometric analysis and studies of seed viability and germination *in vivo* and *in vitro* were conducted to know some characteristics related to the physiological quality of the seeds of these two species. Seeds of mesquite were flattened lozenge, brown-yellow in color, with an average size of 4.21 mm wide by 6.97 mm long and an average weight of 0.34 g. The seeds of sweet acacia were oval-globose, green olive in color, 4.36 mm wide by 5.32 mm long, and an average weight of 0.44 g. Viability percentages (tetrazolium test) were 62% for mesquite and 7% for sweet acacia. *In vivo* germination percentages were 51% for mesquite and 6% for sweet acacia. When seeds were treated with H₂SO₄ for 20 minutes, germination percentages increased to 96% and 80% for mesquite and sweet acacia, respectively.

Keywords: Nuevo Leon; Seeds; IAA; BAP.

¹Departamento de Botánica, Universidad Autónoma de Nuevo León.

²Departamento de Biología Celular y Genética, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.

Address Correspondence to: Alejandra Rocha Estrada, A.P. F-2. 66451 San Nicolás de los Garza, N.L., México. Tel.: 52-81-82-98-21-26; e-mail: alejandra.rochaes@uanl.edu.mx
Recibido / Received 23.III.2012. Aceptado / Accepted 21.V.2012.

INTRODUCCIÓN

Gran parte de la superficie del noreste de México, especialmente el área denominada fisiográficamente "llanura del Golfo Norte", donde se localiza la región centro de Nuevo León, se encuentra cubierta de una vegetación predominantemente arbustiva y arbórea. Está compuesta de una amplia variedad de especies y una diversidad de estructuras y asociaciones (Foroughbakhch Pournavab, 1989; Foroughbakhch Pournavab et al., 2005). Esta vegetación se ha desarrollado bajo condiciones de baja precipitación, resistiendo temperaturas extremas, suelos con poca fertilidad, presencia de sales y relieve muy irregular. Esto ha sido posible debido a la presencia de características adaptativas morfoanatómicas y fisiológicas (que le han permitido conservar mejor el agua) en las especies que integran dicha vegetación (Villanueva, 1993; López Valdez, 2006; Alvarado Vázquez et al., 2008). La Secretaría Forestal y de la Fauna (SFF) informó en 1980 la existencia de aproximadamente 130 millones de hectáreas de matorral desértico micrófilo en las cuales las leguminosas forestales se desarrollan formando importantes asociaciones. Sin embargo, debido al aprovechamiento desmedido del huizache (*Vachellia farnesiana* Wright) y el mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr.), para la producción de carbón principalmente, se pierden hasta 600 ha/año (Foroughbakhch Pournavab, 1989). Ante este panorama es importante preservar aquellos ecosistemas que todavía cuentan con la vegetación nativa, mediante la realización de estudios que permitan conocer mejor la dinámica poblacional de las especies, y que permitan desarrollar un plan adecuado de aprovechamiento de las mismas. Estos estudios contribuirán a realizar una utilización más eficiente de ellas sin causar desequilibrios ecológicos y desertificación.

El conocimiento integral de nuestra vegetación nos permitirá aumentar la variedad de usos, favoreciendo de esta manera los intereses de las personas que viven en zonas rurales y en las grandes ciudades (Rodríguez, 1996). El mezquite y el huizache generalmente presentan problemas de germinación de las semillas en condiciones naturales, ya que poseen una cubierta demasiado dura e impermeable que impide el paso del agua (Rivas Medina et al., 2005). Diversos autores han aplicado diferentes tratamientos pregerminativos para romper el letargo en las semillas de las leguminosas, y lograr así aumentar la eficiencia en su germinación (Foroughbakhch Pournavab, 1989; Juárez Argumedo et al., 2001; Alexander y Sánchez, 2002; Rivas Medina et al., 2005; Foroughkahch Pournavab et al., 2006; Orozco Cardona et al., 2010; Váldez Oyervides et al., 2010). Este estudio pretende contribuir a los esfuerzos de reforestación de zonas semiáridas y áridas, y a la conservación de la flora mexicana. También es nuestro objetivo lograr un mayor conocimiento de las interacciones de los factores bióticos y abióticos que permitan hacer un aprovechamiento sostenible de estos recursos. Además, pretendemos contribuir a la reducción de la presión de uso de las poblaciones silvestres, y servir como base para la micropropagación de otras leguminosas de interés.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. Las colectas de frutos de mezquite y huizache se realizaron en el municipio de Los Ramones, Nuevo León (25° 42' N, 99° 37' O). Este municipio presenta una superficie territorial de 1378,8 km², y se encuentra ubicado en la región centro oriente del estado de Nuevo León; colinda con Cerralvo al norte, con Gral. Terán al sur, al este con China y los Herreras y al oeste con Cadereyta Jiménez, Pesquería y Dr. González. En Los Ramones predomina la vegetación tipo estepario, donde se destacan principalmente especies como uña de gato (*Acacia greggii*), pitaya (*Echinocereus enneacanthus*), mezquite (*Prosopis glandulosa*), huizache (*Vachellia farnesiana*) y matorral bajo espinoso (INEGI, 2009).

Características de las especies. El mezquite (*P. glandulosa*) es un árbol de 6-10 m de alto, su tallo es recto, con corteza lignificada con fisuras de color negruzca; hojas caducas, compuestas, bipinnadas verde pálido y glabras; las flores en racimos axilares, de color blanco-amarillento, muy perfumadas; el fruto es una vaina de color pardo amarillenta a rojiza, casi cilíndrica y terminada en punta. El mezquite es utilizado en programas de reforestación urbana, y es una especie muy resistente a la sequía (Alanís Flores y González Alanís, 2003).

El huizache (*V. farnesiana*), en condiciones de aridez, se puede presentar como árbol o arbusto espinoso, perennifolio o subcaducifolio, de 3 a 9 m de alto, de extensa copa; hojas compuestas, pinnadas, con folíolos numerosos linear-oblongos verde oscuro; flores en cabezuelas de color amarillo y muy perfumadas, de 5 mm de largo; el fruto es una vaina lisa cilíndrica algo encorvada indehisciente de color negro, con 6 a 12 semillas reniformes de 6 a 8 mm de largo, pardo-amarillentas. Con respecto a su aprovechamiento, la corteza y fruto contienen taninos, por lo que se usa en curtiduría; el follaje es de gran valor forrajero para caprinos, sobre todo en el invierno.

Caracterización morfológica. Se seleccionaron frutos maduros sanos y sin daño mecánico de las dos especies para la obtención de las semillas. En el caso del mezquite las vainas se remojaron en agua durante 4 días, lo que permitió separar las semillas del fruto. En cuanto a las vainas de huizache fueron golpeadas mecánicamente con un mortero, para que estas quedaran expuestas. Las semillas de ambas especies se colocaron en la sombra durante una semana, posteriormente se limpiaron, y seleccionaron aquellas que mostraban una madurez morfológica y libre de daños. Se seleccionaron 100 semillas para cada una de las especies en estudio a las cuales se les determinó el largo, ancho, grosor, peso, forma y color.

Viabilidad. Para la viabilidad se utilizó el método del cloruro de trifeníl tetrazolio (TZ) (ISTA, 1976). Este método permite determinar en forma rápida la viabilidad de las semillas y da una referencia de su poder germinativo en 24 horas. Para determinar

la viabilidad, se utilizaron 100 semillas de mezquite y 100 de huizache. Se colocaron 10 repeticiones de 10 semillas de cada especie en recipientes oscuros; después de 48 horas se sacaron de la solución y se lavaron, para luego determinar su viabilidad.

Germinación *in vivo*. Las semillas previamente desinfectadas con hipoclorito de sodio comercial de NaClO al 10% (v/v) por 15 minutos, se colocaron en cajas de Petri sobre papel filtro humedecido y se mantuvieron en cámara bioclimática (Mark III Environmental Chamber de Lab-line). Dicha cámara tuvo luz y temperatura 26 ± 1 °C controladas, con un fotoperiodo de 10 horas. Se realizaron 10 repeticiones con 10 semillas en cada caja y se regaron cada tercer día. Se observaron diariamente durante 15 días.

Escarificación y germinación *in vitro*. Para la escarificación de las semillas de huizache y mezquite se utilizaron 100 semillas de cada especie, a las cuales se les aplicaron los siguientes tratamientos: t_1) testigo, t_2) Inmersión en agua caliente a 65 °C durante 15 minutos; t_3) Inmersión en agua caliente a 80 °C durante 15 minutos; t_4) Inmersión en ácido sulfúrico concentrado grado comercial, durante 20 minutos, y t_5) Inmersión en ácido clorhídrico concentrado grado comercial por 10 minutos. Posteriormente se lavaron con agua destilada y se sembraron en medio de cultivo Murashige-Skoog (MS) (1962), adicionado con vitaminas, mioinositol (100 mg/L), sacarosa (30 g/L), agar (7 g/L), y ácido indolacético (AIA) y bencilaminopurina (BAP) en concentraciones de 1,0 y 2,0 mg/L. Los cultivos *in vitro* se mantuvieron con un fotoperiodo de 16 horas y temperatura de 26 ± 1 °C en una cámara durante 10 días. Posteriormente se evaluó el porcentaje de germinación.

Análisis estadístico. Para el análisis de los datos morfométricos y de peso se utilizó una prueba de análisis de varianza de una vía, en tanto que para las pruebas de viabilidad y germinación *in vivo* e *in vitro*, por tratarse de datos porcentuales, se les aplicó primeramente una modificación arcoseno (Zar, 1996). Posteriormente, en el caso de los datos de viabilidad y germinación *in vivo* se les aplicó una prueba paramétrica de t de student. Por su parte, los datos de germinación *in vitro* fueron analizados con un análisis de varianza bifactorial y una prueba de comparación de medias de Tukey para determinar diferencias entre pares de tratamientos. Estas pruebas estadísticas se realizaron en el paquete estadístico SPSS (versión 19.0).

RESULTADOS

Características morfométricas y peso. Respecto a las características morfométricas y de peso de ambas semillas, los resultados se presentan en la Tabla 1 y Figura 1, en donde se puede apreciar que las semillas del mezquite son ligeramente más grandes que las semillas del huizache: Con respecto

a la forma y color también se apreciaron diferencias, ya que las semillas de mezquite tuvieron forma romboide-aplanada, de color café-amarillo, mientras que las del huizache fueron ovalada-globosas y de color verde olivo. El análisis estadístico mostró diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$) entre las especies respecto al peso y las variables morfométricas.

Tabla 1. Características morfométricas y valores promedio \pm ds de las semillas de mezquite y huizache (n=100).

Table 1. Morphometric characteristics and mean \pm sd of mesquite and sweet acacia seeds (n=100).

Características	Mezquite	Huizache	F	p
Forma	Romboide-aplanada	Ovalada-globosa	-	-
Color	Café-amarillo	Verde olivo	-	-
Ancho (mm)	4,21 \pm 0,36	4,36 \pm 0,33	99,024	0,000*
Largo (mm)	6,97 \pm 0,51	5,32 \pm 0,38	651,677	0,000*
Grosor (mm)	2,18 \pm 0,13	2,93 \pm 0,18	63,439	0,000*
Peso (g)	0,34 \pm 0,70	0,44 \pm 0,17	239,337	0,000*

*diferencias altamente significativas entre las especies ($p \leq 0,01$).



Fig. 1. Forma y color de las semillas de mezquite (a) y huizache (b).
Fig. 1. Shape and color of mesquite (a) and sweet acacia (b) seeds.

Viabilidad y Germinación *in vivo*. Para la viabilidad, se encontraron valores promedio de $62 \pm 14,76\%$ para las semillas de mezquite y de $24 \pm 19,55\%$ para el huizache, lo cual se reflejó en diferencias altamente significativas entre las especies ($p \leq 0,01$) (Tabla 2). En cuanto al porcentaje de germinación *in vivo* después de 15 días (Tabla 2) las semillas de mezquite alcanzaron un porcentaje de germinación de $50,91 \pm 25,48\%$, en tanto que las semillas de huizache presentaron un valor promedio de apenas $6,36 \pm 9,24\%$; estos resultados se manifestaron en diferencias altamente significativas entre las especies respecto al porcentaje de germinación ($p \leq 0,01$).

Tabla 2. Viabilidad y germinación *in vivo* [Porcentaje promedio \pm desviación estándar (ds)] y resultados de la prueba t de student para las semillas de mezquite y huizache.

Table 2. Viability and *in vivo* germination [mean percent \pm standard deviation (sd)] and results of t student test for mesquite and sweet acacia seeds.

Parámetros evaluados	Mezquite % \pm ds	Huizache % \pm ds	T	p
Viabilidad	$62,00 \pm 14,76$	$24,00 \pm 19,55$	4,799	0,000**
Germinación <i>in vivo</i>	$50,91 \pm 25,48$	$6,36 \pm 9,24$	5,017	0,000**

** Diferencia altamente significativa ($p \leq 0,01$) entre las especies respecto al tratamiento indicado.

Tabla 3. Porcentaje de germinación *in vitro* promedio \pm desviación estándar (ds) y resultados de las pruebas de ANOVA y comparación de medias de Tukey para las semillas de mezquite y huizache.

Table 3. Mean \pm standard deviation (sd) of *in vitro* germination percentage and results of ANOVA and Tukey (mean comparison) tests for mesquite and sweet acacia seeds.

Tratamiento	Mezquite % \pm ds	Huizache % \pm ds	F	p
Testigo	$12,67 \pm 1,16$ ^a	$9,67 \pm 1,16$ ^b	10,116	0,034*
Inmersión en agua a 65 °C, 15 min	$24,67 \pm 3,79$ ^b	$0,00 \pm 0,00$ ^a	121,519	0,000**
Inmersión en agua a 80 °C, 15 min	$23,00 \pm 3,00$ ^b	$10,33 \pm 1,53$ ^b	41,828	0,003**
Inmersión en ácido sulfúrico 20 min	$95,67 \pm 1,16$ ^d	$80,00 \pm 1,00$ ^d	183,034	0,000**
Inmersión en ácido clorhídrico 10 min	$49,67 \pm 3,06$ ^c	$19,67 \pm 4,73$ ^c	86,734	0,001**

* Diferencia significativa ($p \leq 0,05$) entre las especies respecto al tratamiento indicado.

** Diferencia altamente significativa ($\leq 0,01$) entre las especies respecto al tratamiento indicado.

Letras iguales indican similitud entre los tratamientos respecto al % de germinación de la especie indicada.

Germinación *in vitro*. En la Tabla 3 se muestran los resultados del ensayo de germinación *in vitro*. Se puede apreciar que las semillas tratadas con escarificación química y colocadas en medios de cultivo enriquecido con AIA y BAP, presentaron en términos generales una mayor respuesta germinativa. Los porcentajes alcanzados fueron de $95,67 \pm 1,16$ y $80,00 \pm 1,00\%$ para el mezquite y huizache, respectivamente, en el tratamiento con inmersión de las semillas en ácido sulfúrico durante 20 minutos. El tratamiento con menor respuesta germinativa para el caso del huizache fue la inmersión en agua a 65 °C con una germinación de 0%. De la misma manera, para el mezquite el tratamiento testigo (sin escarificación) fue el que presentó menor respuesta germinativa ($12,67 \pm 1,16\%$). El análisis de varianza bifactorial mostró que existieron diferencias estadísticas altamente significativas entre las especies y entre los tratamientos ($p \leq 0,01$); por su parte, la interacción especies-tratamientos también fue altamente significativa ($p \leq 0,01$).

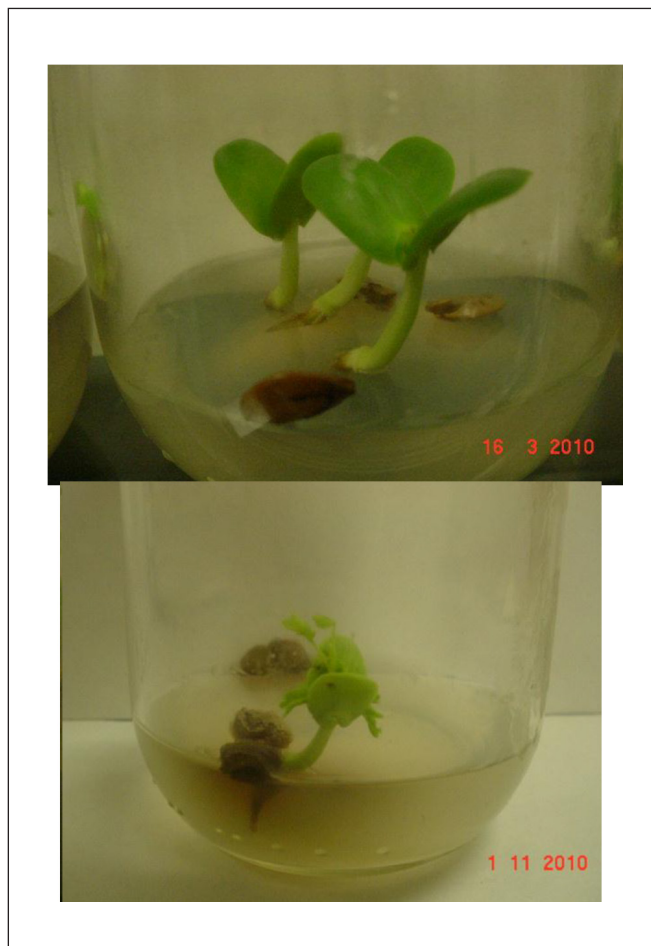


Fig. 2. Cultivo *in vitro* del mezquite y huizache.
Fig. 2. *In vitro* culture of mesquite and sweet acacia.

DISCUSIÓN

La germinación *in vivo* para las semillas del mezquite mostró un 51% y el huizache un 6%. En cuanto a la viabilidad utilizando tetrazolio, los resultados fueron de 62% para el mezquite, mientras que para el huizache solamente el 24%. De acuerdo a varios autores (Vázquez Yañes et al., 1999; Alexander y Sánchez, 2002; Rivas Medina et al., 2005) el mezquite, el huizache y el guaje presentan problemas con respecto a la germinación de sus semillas en condiciones naturales. Esto es debido a que poseen una cubierta demasiado dura e impermeable que impide el paso de agua, inhibiendo en parte la germinación. Esto hace que dicha cubierta se convierta en un problema al pretender un manejo de la semilla para fines reproductivos. Por otra parte, se sabe que las semillas del huizache pueden ser almacenadas por largos períodos sin pérdida de viabilidad, y su longevidad oscila entre los 3 y 15 años (Vázquez Yañes et al., 1999). Para el mezquite el método de propagación común, y por lo regular de manera natural, son las semillas que pasan por el tracto digestivo de algún animal doméstico o silvestre que consumió las vainas. Sin embargo, la latencia que presenta esta semilla obstaculiza una rápida germinación. Entre los factores que impiden su germinación se encuentra el endocarpio del fruto, el que se considera una barrera natural que le da a la semilla un estado de latencia natural que evita su germinación hasta por varios años (García Aguilera et al., 2000).

Respecto a los diferentes tratamientos de escarificación, se encontró que el tratamiento con H₂SO₄ concentrado por 20 minutos fue el más apropiado para las semillas del mezquite y el huizache, que mostraron una germinación del 96 y 80%, respectivamente. Estos resultados coinciden con los informados por Rodríguez (1996), quien encontró porcentajes de germinación de 97% (mezquite) y 68% (huizache) utilizando este mismo tratamiento pregerminativo. Fouroughbakhch Pournavab (1989) mencionó que la inmersión de las semillas de diferentes especies de leguminosas en ácido sulfúrico tiene una influencia significativa en la germinación. Este autor encontró que los mejores tiempos fueron 20 minutos para *V. farnesiana*, *A. wrightii*, *Leucaena leucocephala*, *Pithecellobium pallens* y *P. flexicaule*, y 10 minutos para *A. berlandieri*, *Eysenhardtia polystachya*, *Leucaena greggii* y *P. laevigata*. Estos resultados fueron similares a los encontrados en esta investigación. El embebido en ácido sulfúrico concentrado es el método más común para el tratamiento de las semillas de leguminosas. Este ácido actúa desintegrando la lámina media de las macroesclereidas separando dichas células, quedando el tegumento flojo y perforado superficialmente, lo que facilita la germinación (Brant et al., 1971; Liu et al., 1981). Cavanagh (1980) mencionó que no se comprende perfectamente la causa ni la naturaleza de la impermeabilidad del tegumento de la semilla. Sin embargo, se ha encontrado que en condiciones naturales y después de los tratamientos pregerminativos, el primer lugar por el cual pe-

netra el agua es el estrófiolo, área del tegumento de la semilla más débil y menos reforzada, cercana al hilio, al lado opuesto del micrópilo. Por otra parte, los resultados obtenidos para la escarificación mecánica y química contrastan con los informados por Rivas Medina et al. (2005), quienes determinaron el porcentaje de germinación, la morfología de la semilla y del embrión de tres especies nativas; encontrando que los porcentajes de germinación fueron del 100% en huizache y 53% en mezquite al utilizar método mecánico, mientras que para el ahuehuate, el resultado más alto fue de 13% con el método químico. Valdés Oyervides et al. (2010) realizaron escarificación mecánica en semillas de guaje (*L. leucocephala*) al utilizar lija del #36 logrando obtener un 98% de germinación.

REFERENCIAS

- Alanís Flores, G.J. y D. González Alanís (2003). Flora nativa ornamental para el área metropolitana de Monterrey. Primera edición. Universidad Autónoma de Nuevo León. 128 p.
- Alexander, J. y G. Sánchez (2002). Efecto del tratamiento con agua caliente e imbibición sobre la germinación de semillas de *L. leucocephala*. *Revista Científica* XII: 581-583.
- Alvarado Vázquez, M.A., A. Rocha Estrada, J.L. Hernández Piñero y R. Fouroughbakhch Pournavab (2008). Morphological and anatomical adaptations in desert plants. En: Sánchez, J.M. (ed), 237-252. Droughts: causes, effects and predictions. Nova Publishers, Inc., USA, 342 p.
- Brant, R.E. G.W. McKee y R.W. Cleveland (1971). Effect of chemical and physical treatment on hard seed of Penngift crown vetch. *Crop Science* 11: 1-6.
- Cavanagh, A.K. (1980). A review of some aspects of the germination of acacias. *Proceedings of the Royal Society of Victoria* 91: 161-180.
- Fouroughbakhch Pournavab, R. (1989). Tratamiento a la semilla de catorce especies forestales de uso múltiple de zonas de matorral y su influencia en la germinación. Facultad de Ciencias Forestales. U.A.N.L. Linares, Nuevo León México 11: 1-20.
- Fouroughbakhch Pournavab, R., G. Reyes, M.A. Alvarado Vázquez., J.L. Hernández Piñero y A. Rocha Estrada (2005). Use of quantitative methods to determine leaf biomass on 15 woody shrub species in northeastern Mexico. *Forest Ecology and Management* 216: 359-366.
- Fouroughbakhch Pournavab, R., M.A. Alvarado Vázquez., J.L. Hernández Piñero, A. Rocha Estrada, M.A. Guzmán Lucio y E.J. Treviño Garza (2006). Establishment, growth and biomass production of 10 tree woody species introduced for reforestation and ecological restoration in northeastern Mexico. *Forest Ecology and Management* 235: 194-201.
- García Aguilera, E., O.A. Martínez Jaime, S. Torres y J.T. Frías Hernández (2000). Escarificación biológica del mezquite (*Prosopis laevigata*) con diferentes especies de ganado doméstico. En: Frías Hernández, J.T., V. Olalde Portugal y E.J. Vernon Carter (eds), 117-123. El mezquite árbol de usos múltiples. Estado actual del conocimiento en México. Universidad de Guanajuato, México. 244 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2009). Guía para interpretación de cartografía uso del suelo y vegetación Serie III.

- Juárez Argumedo, J.R., M. Alvarado Rodríguez y R.D. Váldez Cepeda (2001). Escarificación de semillas de mezquite (*Prosopis laevigata*) para aumentar la eficiencia en la germinación. 5^{as} Jornadas de Investigación, Zacatecas. AP/UAGRO-01/001.
- Liu, N.Y., H. Khatamiand y T.A. Fretz (1981). Seed coat structure of three woody legume species after chemical and physical treatments to increase seed germination. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 106: 691-694.
- López Valdez, A.P. (2006). Morfología y anatomía de la hoja del mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr.) en nueve localidades del centro y norte del estado de Nuevo León, México. Tesis, Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. 109.
- Orozco Cardona, A.F., N. Franco Herrera y L.A. Tabora Beltrán (2010). Evaluación de tres métodos de escarificación en semillas de algarrobo (*Hymenaea courbaril* L.). *Revista de la Universidad de Quindío* 20: 36-41.
- Reglas Internacionales para el ensayo de semillas (1976). Ministerio de Agricultura. Dirección General de Producción Agraria, pp. 23-32.
- Rivas Medina, G., González Cervantes G., Valencia-Castro C.M., S. Sánchez-Cohen I. y J. Villanueva Díaz (2005). Morfología y escarificación de la semilla de mezquite, huizache y ahuehuete. *Técnica Pecuaria en México* 43 (3): 441-448.
- Rodríguez, C.M. (1996). Estudio ecofisiológico y técnico de germinación de 9 especies nativas en Marín, Nuevo León. Tesis, Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. 65.
- Valdés Oyervides, A., M. Narcia Velasco, P.F. Facio, L. Arce González., HC Burcinaga Dávila (2010). Escarificación en semillas de guaje (*Leucaena leucocephala* Lam). De Witt), para aumentar la capacidad germinativa. VII Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas, p. 379-390.
- Vázquez Yañes, C., A.I. Batis Muñoz, M.I. Alcocer Silva, M. Gual Díaz y C. Sánchez Dirzo (1999). Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Proyecto J-084-CONABIO. 269.
- Villanueva, D.J. (1993). Distribución actual y características ecológicas del mezquite (*Prosopis laevigata* H. & B. Johnst), en el estado de San Luis Potosí. SARH-INIFAP. 74: 1-37.
- Zar, J.A. (1996). Biostatistical analysis. Third edition. Prentice Hall, Inc. New Jersey. 943.