

Efecto del almacenamiento sobre la calidad fisiológica de semillas de *Prosopis laevigata* (H. & B.) Johnst.

Effect of storage on the physiological quality of *Prosopis laevigata* (H. & B.) Johnst.

Liliana Muñoz-Gutiérrez^{1*},
Julio César Ríos-Saucedo²,
Dora Alicia García-García³,
César Alejandro Hernández-Pérez⁴

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (Cenid Comef), INIFAP. Av. Progreso No. 5. Colonia Barrio de Santa Catarina, Alcaldía Coyoacán, CP. 04010. Ciudad de México, México.

²Campo Experimental Valle del Guadiana. Centro de Investigación Regional Norte-Centro. INIFAP. Km. 4.5 Carretera Durango-El Mezquital. CP. 34170. Durango, Durango, México.

³Campo Experimental Saltillo. Centro de Investigación Regional del Noreste. INIFAP. Carretera Saltillo-Zacatecas km. 342+119 # 9515 Hacienda de Buena vista, CP. 25315. Saltillo, Coahuila, México.

⁴Universidad Tecnológica de la Sierra Hidalguense. Tramo Carretera México-Tampico, Pachuca- Huejutla de Reyes, km. 100, CP. 43200. Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo, México.

* Autor de correspondencia:
gutierrez.liliana@inifap.gob.mx

Nota científica

Recibido: 25 de octubre 2021

Aceptado: 23 de julio 2022

Como citar: Muñoz-Gutiérrez L, Ríos-Saucedo JC, García-García DA, Hernández-Pérez CA (2022) Efecto del almacenamiento sobre la calidad fisiológica de semillas de *Prosopis laevigata* (H. & B.) Johnst. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 9(2): e3165. DOI: 10.19136/era.a9n2.3165

RESUMEN. Se evaluó la germinación y el vigor de las semillas de mezquite (*Prosopis laevigata*) en función de las condiciones de almacenamiento. Se utilizaron semillas almacenadas durante 10 años, mantenidas en frascos de vidrio a temperatura ambiente. A través de pruebas de envejecimiento acelerado se determinó el vigor, mediante soluciones saturadas de sal, cloruro de potasio (KCl), cloruro de litio (LiCl) y bromuro de potasio (KBr); y tiempos de almacenamiento (6, 12 y 24 h). Los resultados indican que las semillas tratadas con LiCl tienen valores superiores en porcentaje de germinación (60%) e índice de velocidad de germinación (0.83) comparado con las otras sales y el testigo. No obstante, tener en cuenta los factores que intervienen en la germinación de la semilla, ya que el vigor es afectado por las condiciones de almacenamiento y el vigor cambia conforme transcurre el tiempo.

Palabras clave: Almacenamiento de semillas, vigor, germinación, índice de velocidad de germinación, sales.

ABSTRACT. Germination and vigor of mesquite (*Prosopis laevigata*) seeds were evaluated as a function of storage conditions. Seeds stored for 10 years, kept in glass jars at room temperature, were used. Through accelerated aging tests, vigor was determined using saturated solutions of salt, potassium chloride (KCl), lithium chloride (LiCl) and potassium bromide (KBr); and storage times (6, 12 and 24 hours). The results indicate that the seeds treated with LiCl have higher values in percentage of germination (60%) and germination speed index (0.83) compared to the other salts and the control. However, considering the factors involved in seed germination, vigor is affected by storage conditions and vigor changes over time.

Key words: Germination, germination speed index, salt, seed storage, vigor.

INTRODUCCIÓN

El mezquite en México (*Prosopis laevigata* (H. & B.) Johnst.) se encuentra en regiones áridas y semiáridas del sursureste de los Estados Unidos, y del centro y sur de México (Rodríguez *et al.* 2014). Es una especie de importancia económica, social y ecológica; los productos más importantes son leña, madera y carbón (Rogers 2021). Las semillas son ortodoxas y presentan latencia física, con un endocarpio duro que debe abrirse para permitir la germinación, si las semillas al caer al suelo no son consumidas por animales permanecen en latencia hasta que el endocarpio sea abierto por un factor escarificativo (Suresh y Deshpande 2021).

El cambio de uso de suelo y el avance la frontera agropecuaria y urbana en los últimos años han ocasionado la pérdida de la superficie forestal; la deforestación y la degradación de los suelos han sido especialmente importantes en las poblaciones de mezquite en el norte centro de México (Trucíos *et al.* 2011). Por lo tanto, para un aprovechamiento sustentable y conservación, se requiere generar información sobre la calidad de las semillas y principalmente definir los métodos de almacenamiento apropiados para conservarlas por largos periodos de tiempo sin perder su viabilidad y vigor (Fontana *et al.* 2016).

La conservación a largo plazo en los bancos de germoplasma se basa en aumentar la longevidad de las semillas almacenadas, lo que depende del tamaño, el contenido de humedad (CH), la composición química y las condiciones de almacenamiento como la temperatura, la humedad relativa o el tipo de envases utilizados (Suresh y Deshpande 2021). Según las normas de FAO (2014) en colecciones de semillas del género *Prosopis* las muestras se almacenan refrigeradas entre 5 y 10 °C y una humedad relativa de $15 \pm 3\%$, con contenidos de humedad de las semillas de 6 y 9%. Ensayos en *P. chilensis* (Mol) Stuntz mostraron que bajo condiciones de almacenamiento a -18 °C, es posible mantener la viabilidad de las semillas por periodos superiores a 25 años (Verzino *et al.* 2019). Por el contrario, mayores tiempos de almacenamiento a temperatura ambiente producen una disminución en el porcentaje de ger-

minación en *Prosopis nigra* (Griseb.) (Mabel *et al.* 2012), y en *P. laevigata*, como lo mencionan Villareal *et al.* (2013), tuvieron porcentajes de germinación de 51% después de un año de almacenadas.

La relación entre el contenido de humedad de las semillas y la humedad relativa del ambiente es esencial en los procesos de secado, almacenamiento y envasado de semillas para mantener su longevidad y viabilidad en el tiempo (Amir y Afzal 2020). La germinación, el porcentaje de plántulas normales y los índices de germinación se reducen con un incremento de la humedad y de la temperatura de almacenamiento (Azadi y Younesi 2013). Se necesitan investigaciones tendientes a conocer las condiciones óptimas de almacenamiento, en este sentido, las pruebas de germinación constituyen el procedimiento más ampliamente usado para determinar la calidad de semillas y pueden complementarse con la determinación del vigor, como un componente importante en la evaluación de la calidad fisiológica (Navarro *et al.* 2015).

El vigor afecta la viabilidad de la semilla, la velocidad de germinación, el crecimiento, la sensibilidad de las plántulas a los factores externos y la capacidad de almacenamiento de diferentes lotes de semillas (Corbineau 2012). Una de las pruebas para la evaluación del vigor es el envejecimiento acelerado (EA), se basa en el aumento del deterioro de las cubiertas cuando se exponen a condiciones adversas de alta temperatura y humedad relativa, en dichas condiciones las semillas de baja calidad se deterioran más rápidamente que aquellas más vigorosas (Nascimento *et al.* 2014, Marcos-Filho 2015).

La interacción entre temperatura y tiempo de exposición de las semillas durante las pruebas de envejecimiento son factores cruciales para la eficiencia de los ensayos, pero para muchas especies, estas interacciones todavía no han sido establecidas (Silveria *et al.* 2014), son escasos los trabajos en especies leñosas y más aún en leguminosas de hábito de crecimiento arbustivo y arbóreo.

La detección del deterioro de las semillas a través de las pruebas de vigor son un componente importante en la evaluación de elementos de la calidad,

y contribuye a la solución de problemas como el almacenamiento (Navarro *et al.* 2012). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar la germinación y el vigor de las semillas de *Prosopis laevigata* a través de la prueba de envejecimiento acelerado en función de las condiciones de almacenamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se utilizaron semillas de mezquite (*P. laevigata*) recolectadas en el año 2011, en un rodal semillero del Campo Experimental Valle del Guadiana del INIFAP ubicado en el km 5 de la Carretera Durango-El Mezquital, Durango, México. Una vez obtenida la semilla, se enjuagó con agua corriente, para retirar la mayor cantidad de pulpa y se dejó secar al sol durante 48 horas. Las semillas se almacenaron en frascos de vidrio, etiquetadas y mantenidas a temperatura ambiente de entre 15 y 18 °C, durante 10 años. Previo al establecimiento de los ensayos, se determinó el contenido de humedad de las semillas, el cual oscilaba entre 8.8 y 9.4%, determinado con base a lo normado por la Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA 2022).

Tratamientos de envejecimiento acelerado

Para la prueba de envejecimiento acelerado (EA) mediante soluciones saturadas de sal, se determinaron dos factores de estudio; tres tipos de sales: cloruro de potasio (KCl), cloruro de litio (LiCl) y bromuro de potasio (KBr); y tres tiempos de almacenamiento (6, 12 y 24 horas) a temperatura constante de 35 ± 1 °C. Se definieron nueve tratamientos producto de la combinación de los factores de estudio, bajo un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial de 3×3 , que corresponde a los tres tipos de sales y tres tiempos de almacenamiento, con cuatro repeticiones por tratamiento, cada repetición estuvo compuesta por 25 semillas, por lo que cada tratamiento estuvo conformado por 100 semillas. Los efectos de los diferentes tratamientos se contrastaron con un testigo no envejecido, pero sometido a escarificación en agua a 90 °C durante

10 minutos, con la finalidad de eliminar la latencia física de las semillas, hacerlas permeables al agua y que la radícula saliera fácilmente (Sobrevilla *et al.* 2013); también se realizaron cuatro repeticiones de 25 semillas. Siguiendo la metodología empleada por Fontana *et al.* (2016) se utilizaron frascos de vidrio con 200 mL de agua desionizada, a cada frasco se le agregaron 40 g de cada tipo de sal (KCl, LiCl y KBr) por separado, las semillas se colocaron en un soporte de PVC diseñado para evitar el contacto de las semillas con la solución saturada. Para la prueba de germinación (PG) de las semillas envejecidas y testigo, se colocaron en cajas germinadoras con el método sobre papel e incubación en una cámara germinadora con temperaturas de 20 ± 2 °C, se regaron cada tercer día con captan, los conteos se realizaron en los días 4, 6, 12 y 18 después de la siembra (dds). Se consideró como semillas germinadas aquellas en las cuales la radícula emergió 2 mm o más (Maqueira *et al.* 2021).

Variables evaluadas y análisis de los datos

Se determinó el porcentaje de germinación (PG) a los 4, 6, 12 y 18 días (PG4, PG6, PG12 y PG18) de las semillas envejecidas y el testigo [PG = (semillas germinadas/semillas puestas a germinar)*100] (ISTA 2022); el porcentaje de mortalidad (PM18) sólo para la última toma de datos (18 dds); la energía germinativa (EG) determinada como el tiempo transcurrido desde la siembra hasta que alcanza el 50% de germinación (Sánchez *et al.* 2018); y el índice de velocidad de germinación [IVG = n_i/t_i] donde: n_i es el número de semillas germinadas desde el primer al último día; t_i es el tiempo en días (desde el día de la siembra hasta el último día de la evaluación) (Carrillo *et al.* 2017). Se realizó un análisis de varianza con los factores de estudio, comparando las medias de tratamientos a través de la prueba Tukey ($p \leq 0.05$), con ayuda del programa de Análisis Estadístico SAS versión 9.3 (SAS 2012). Se empleó el modelo lineal: $Y_{ijk} = \mu + S_i + T_j + S_i * T_j + \epsilon_{ijk}$ Dónde: Y_{ijk} representa la variable respuesta de la k-ésima repetición en el i-ésimo nivel del factor sal y j-ésimo nivel de factor tiempo; μ representa una media general, S_i el efecto que produce el i-ésimo nivel

del factor sal, T_j el efecto que produce el j -ésimo nivel del factor tiempo, ε_{ijk} es el error aleatorio asociado a la observación ijk -ésima.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza indicó que para todas las variables evaluadas (PG4, PG6, PG12, PG18, PM18, IVG y EG) existen diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) para el factor tipo de sal empleado en los ensayos de envejecimiento acelerado; mientras que el f tiempo y la interacción no se detectaron significancias (Tabla 1).

Las diferencias encontradas entre los tratamientos de envejecimiento acelerado con sales saturadas indica que la menor pérdida en el porcentaje de germinación se obtuvo a los 18 dds en todos los tratamientos; el cloruro de litio (LiCl) presentó el valor de germinación más alto (60%); por lo tanto, la semilla no fue drásticamente afectada en su calidad fisiológica; incluso supero al testigo (sin envejecimiento) el cual obtuvo 53% (Tabla 2). Este valor de germinación fue inferior a lo encontrado por Fontana *et al.* (2016) quienes determinaron que con las mismas pruebas de EA con soluciones salinas el porcentaje de germinación de semillas de *Prosopis alba* Griseb. fue del 80%, lo anterior, indica que el vigor es afectado por la procedencia de las semillas, el tratamiento aplicado, también por características heredables resultado de la interacción de las especies con el ambiente (Montaño *et al.* 2020).

Por otro lado, aunque los tratamientos del tiempo de almacenamiento (6, 12, 24 h) y el testigo fueron estadísticamente iguales, entre ellos se observan variaciones en los valores, principalmente a los 4 y 6 dds (Tabla 2), lo que indica que los primeros días la semilla sufrió deterioro diferenciado en su calidad fisiológica por las condiciones de almacenamiento a las que fueron sometidas, este resultado sugiere que la semilla de *P. laevigata* con periodo largo de almacenamiento no es capaz de soportar los periodos de EA a las que fueron sometidas, con pérdidas de vigor de hasta del 50%. Al respecto, Kaewnaree *et al.* (2011) mencionan que la germinación disminuye conforme aumenta el tiempo de exposición de las semillas a

tratamientos de EA, lo que se atribuye que al incrementar estos factores se aceleran los procesos fisiológicos de la semilla y aumenta el deterioro, en consecuencia, disminuya el vigor. Además de que condiciones de alta humedad en las semillas durante el almacenamiento, asociadas con la permeabilidad del recipiente de vidrio, son condiciones que facilitan la absorción de agua y conducen a EA y muerte de semillas (Fontana *et al.* 2016, Nelly *et al.* 2020).

El IVG promedio de las sales fue de 0.72, y el valor máximo se obtuvo con LiCl (0.83) con alto vigor. La EG que presentó la semilla necesitó en promedio 10.8 días. Se encontró que semillas sometidas a LiCl completó el 50% de germinación en el menor tiempo (6.2 días), por el contrario, semillas con menor EG fueron los testigos (10.8 días) (Figura 1). De acuerdo con El-Abady *et al.* (2015) y Betania *et al.* (2020) menciona que, de un mismo lote de semillas, los valores de germinación serán similares en aquellas muestras sin envejecer y después de envejecidas cuando las semillas son de alto vigor, como lo que ocurrió en la presente investigación.

En el ambiente natural el deterioro es bien marcado comprometiendo con ello la calidad fisiológica de las semillas, así mismo, la capacidad de almacenamiento y la producción de plántulas se ven afectadas bajo condiciones adversas (Pichardo *et al.* 2020). Esto indica que, tanto la germinación como el vigor, se mantienen bajo ciertos límites de ambientes de poca humedad y bajas temperaturas (Pérez-Martínez *et al.* 2014). En especies arbóreas de la familia *Leguminosae* el almacenamiento en condiciones ambientales no limita la viabilidad de sus semillas, pero sí se asocia con el envejecimiento, mismo que se caracteriza por ser un proceso lento, progresivo y natural (Molina y Navarro 2021). Al respecto, Verzino *et al.* 2019 afirmaron que las semillas de *Prosopis chilensis* pueden permanecer viables hasta por 25 años, y González *et al.* (2012) aseveran que las semillas de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham pueden conservarse por más de 12 años con una viabilidad aceptable; por el contrario, en leguminosas como *Albizia lebeck* (L.) Benth. y *Bauhinia purpurea* L. desciende drásticamente su viabilidad entre los 2 y 9 meses después de alma-

Tabla 1. Cuadrados medios del análisis de varianza del tipo de sales para el envejecimiento acelerado en semillas de mezquite (*Prosopis laevigata*).

Variable	Tipo de sal	R ²	CV	Pr > F
Porcentaje de germinación 4 dds (PG 4)	456.4	0.43	31.12	0.009
Porcentaje de germinación 6 dds (PG 6)	485.3	0.44	21.07	0.002
Porcentaje de germinación 12 dds (PG 12)	789.7	0.44	18.39	0.001
Porcentaje de germinación 18 dds (PG 18)	667.1	0.38	19.53	0.004
Porcentaje de mortalidad 18 dds (PM 18)	667.1	0.38	21.16	0.004
Índice de velocidad de germinación (IVG)	0.126	0.37	19.53	0.005
Energía germinativa (EG)	298.8	0.59	36.00	<0.0001

CV: coeficiente de variación; dds: días después de la siembra.

Tabla 2. Efecto del envejecimiento acelerado sobre la germinación en semillas de mezquite (*Prosopis laevigata*).

Factor	PG4 (%)	PG6 (%)	PG12 (%)	PG18 (%)	PM18 (%)	IVG	EG
Sal Testigo	34.0 ^{ab}	42.0 ^{ab}	52.0 ^{ab}	53.0 ^{ab}	47.0 ^{ab}	0.73 ^{ab}	10.8 ^{ab}
KCl	25.0 ^b	34.3 ^b	49.3 ^{ab}	50.3 ^{ab}	49.7 ^{ab}	0.69 ^{ab}	10.3 ^b
LiCl	36.0 ^a	45.6 ^a	59.6 ^a	60.0 ^a	40.0 ^b	0.83 ^a	6.2 ^b
KBr	25.6 ^b	35.0 ^{ab}	43.6 ^b	45.3 ^b	54.7 ^a	0.63 ^b	16.0 ^a
Tiempo							
Testigo	34.0 ^a	42.0 ^a	52.0 ^a	53.0 ^a	47.0 ^a	0.73 ^a	10.8 ^a
6 horas	25.3 ^a	36.6 ^a	50.0 ^a	50.6 ^a	49.3 ^a	0.70 ^a	9.9 ^a
12 horas	27.0 ^a	37.3 ^a	51.0 ^a	52.3 ^a	47.6 ^a	0.72 ^a	11.2 ^a
24 horas	34.3 ^a	41.3 ^a	51.6 ^a	52.6 ^a	47.3 ^a	0.73 ^a	11.3 ^a

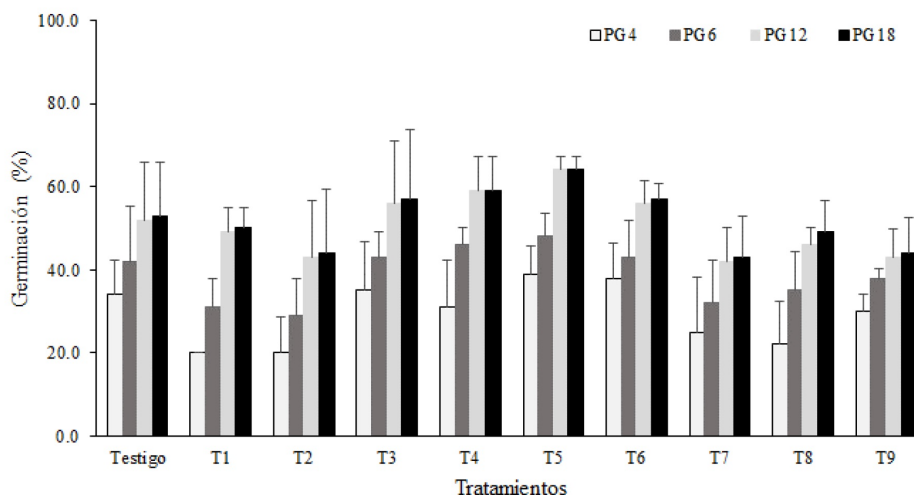


Figura 1. Efecto de la interacción del tipo de sal y tiempo de almacenamiento sobre el porcentaje de germinación de semillas de mezquite (*Prosopis laevigata*). T1: KCl (6 h), T2: KCl (12 h), T3: KCl (24 h), T4: LiCl (6 h), T5: LiCl (12 h), T6: LiCl (24 h), T7: KBr (6 h), T8: KBr (12 h), T9: KBr (24 h).

cenadas (Molina y Navarro 2021). Mientras que la semilla de *P. laevigata* almacenada por 10 años tiene valores de germinación y vigor aceptables (60% y 0.83, respectivamente) cuando fueron sometidas a LiCl, no obstante, hay que tener en cuenta los factores que intervienen en la germinación de la semilla, ya que el vigor es afectado por la interacción de las especies con el ambiente. Del mismo modo, las

condiciones de almacenamiento pueden afectar la calidad de las semillas y su vigor en el transcurso del tiempo. Aquellos lotes de semillas que presenten una germinación después del EA, superior al 80%, podrían ser clasificadas como de alto vigor, entre 60-80% como vigor medio, y menores de 60% como de bajo vigor (González et al. 2014).

LITERATURA CITADA

- Amir BM, Afzal I (2020) Climate smart dry chain technology for safe storage of quinoa seeds. *Scientific reports* 10: 12554. DOI: 10.1038/s41598-020-69190-w.
- Azadi MS, Younesi E (2013) The effects of storage on germination characteristics and enzyme activity of sorghum seeds. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry* 9: 289-298.
- Betania XDL, De Melo QPA, Da Silva LB, Moreira FMA, Fernandes LAE, Pereira SP, Nascimento MW (2020) *Australian Journal of Crop Science* 14: 339-346.
- Carrillo SY, Terry AE, Ruíz PA, Díaz VME (2017) Efecto del LEBAME en la germinación de semillas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Cultivos Tropicales* 38: 30-35.
- Corbineau F (2012) Markers of seed quality: from present to future. *Seed Science Research* 22(Supplement S1): S61-S68.
- El-Abady MI, El-Mowafy MR, El Emam EL (2015) Accelerated ageing test for assessing viability of faba bean seed under laboratory and field conditions. *Journal of Plant Production* 6: 869-877.
- FAO (2014) Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. 181p.
- Fontana ML, Pérez VR, Luna CV (2016) Pruebas de envejecimiento acelerado para determinar vigor de semillas de *Prosopis alba*. *Revista FAVE-Ciencias Agrarias* 15: 1-13.
- González RF, León GD, Borges GL, Pinzón LL, Magaña MM, Sangines GR, Urrestarazu GM (2014) Envejecimiento acelerado sobre la calidad de semillas de maíz para producir germinados para forraje alternativo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8: 1487-1493.
- González Y, Reino J, Sánchez JA, Machado R (2012) Efecto del almacenamiento al ambiente en semillas de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham sometidas a hidratación parcial. *Pastos y Forrajes* 35: 393-399.
- ISTA (2022) International Rules for Seed Testing. Volume 2022, Number 1. Switzerland. 22p. DOI: 10.15258/istarules.2022.01.
- Kaewnaree P, Vichitphan S, Klanrit P, Siri B, Vichitphan K (2011) Effect of accelerated aging process on seed quality and biochemical changes in sweet pepper (*Capsicum annuum* Linn.) seeds. *Biotechnology* 2: 175-182.
- Mabel GE, Nahuel MM, Leonor VM (2012) Respuesta a la desecación y a la temperatura de almacenamiento del germoplasma. *Gestión y Ambiente* 15: 19-25.
- Maqueira LLA, Roján HO, Solano FJ, Milagros SI (2021) Germinación de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a diferentes temperaturas. *Cultivos Tropicales* 42(2): e03.
- Marcos-Filho J (2015) Seed physiology of cultivated plants. 2nd edition. Abrates. Piracicaba, Brasil. 660p.
- Molina RJ, Navarro BM (2021) Longevidad de las semillas de árboles leguminosos durante el almacenamiento en condiciones ambientales en Cuba. *Avances de Investigación Agropecuaria* 25: 21-29.
- Montaño ASA, Zavaleta MHA, Camargo RSL, Grether R (2020) Effect of seed age on germination, seedling survival and growth of *Mimosa luisana* (Leguminosae). *Trees* 35: 231-239.
- Nascimento WM, Silva PP da, Freitas RA de (2014) Produção de sementes de Ervilha. In: Nascimento WM (ed) *Produção de sementes de hortaliças*. Volume I. Embrapa, Brasília, Brazil. pp: 171-204.

- Navarro M, Febles G, Herrera RS (2015) Vigor: essential element for seed quality. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 49: 447-458.
- Navarro M, Febles G, Torres V (2012) Bases conceptuales para la estimación del vigor de las semillas a través de indicadores del crecimiento y el desarrollo inicial. *Pastos y Forrajes* 35: 233-246.
- Nelly RA, Bravo S, Acosta M (2020) Germinación y efectos del almacenamiento de frutos de *Prosopis rusciflora* (Fabaceae). *Bosque* 41: 103-111.
- Pérez MLV, Rodríguez CNA, Vargas O, Melgarejo LM (2014) Germinación y dormancia de semillas. Bases conceptuales, métodos de colecta, almacenamiento y manejo en laboratorio. En: Vargas RO, Pérez MLV (ed) *Semillas de plantas de páramo: ecología y métodos de germinación aplicados a la restauración ecológica*. Grupo de Restauración Ecológica. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. pp: 63-113.
- Pichardo GJM, Raygoza SDA, Torres GE (2020) Indicadores físicos y fisiológicos del deterioro artificial de semilla de huizache (*Acacia farnesiana* [L.] Willd.) recolectada en Colón, Querétaro, México. *Revista Multidisciplinaria de Avances de Investigación* 6: 24-33.
- Rodríguez SEN, Rojo MGE, Ramírez VB, Martínez RR, Cong HMC, Medina TSM, Piña RHH (2014) Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd.) en México. *Ra Ximhai* 10: 173-193.
- Rogers KE (2021) Worldwide aspects of *Prosopis*. In: *The magnificent mesquite*. New York, USA. University of Texas Press. pp. 111-123. DOI: 10.7560/771055-007.
- Sánchez GA, Rosendo PA, Vargas RJM, Rosales MF, Platas RDE, Becerril PCM (2018) Energía germinativa en guaje (*Leucaena leucocephala* cv. Cunningham) con diferentes métodos de escarificación de semilla. *Agrociencia* 52: 863-874.
- SAS (2012) SAS/STAT Computer Software. Release V 9.3. SAS Institute Inc. Cary. N.C. 378p.
- Silveria FAO, Negreiros D, Ranjeri BD, Silva CA, Araújo LM, Fernandes W (2014) Effect of seed storage on germination, seedling growth and survival of *Mimosa foliolosa* (Fabaceae): implications for seed banks and restoration ecology. *Tropical Ecology* 55: 385-392.
- Sobrevilla SJA, López HM, López EAL, Romero BL (2013) Evaluación de diferentes tratamientos pregerminativos y osmóticos en la germinación de semillas de *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd) M. C. Johnston. *Estudios Científicos en el Estado de Hidalgo y Zonas Zledañas* 12: 83-95.
- Suresh NI, Deshpande VK (2021) Seed coat dormancy: an overview in legumes. *The Pharma Innovation Journal* 10: 620-624.
- Trucíos CR, Ríos SJC, Estrada AJ, Valenzuela NLM, Jacinto SR (2011) Distribución espacial y cambio de uso de suelo en poblaciones naturales de mezquite. En: Ríos SJC, Trucíos CR, Valenzuela NLM, Sosa PG, Rosales SR (eds) *Importancia de las poblaciones de mezquite en el norte-centro de México*. Libro técnico No. 08. INIFAP, CENID, RASPA. Gómez Palacio, Durango. pp: 21-48.
- Verzino GE, Frassoni JE, Joseau MJ, Clausen G, Navarro C (2019) Conservación ex situ, cica situ e in situ realizada por el Banco Nacional de Germoplasma de *Prosopis*, Córdoba, Argentina. *Revista Nexa* 7: 42-52.
- Villareal GJA, Rocha EA, Cárdenas AML, Moreno LS, González AM, Vargas LV (2013) Caracterización morfológica, viabilidad y germinación de semillas de mezquite y huizache en el noreste de México. *Revista Internacional de Botánica Experimental* 82: 169-174.