Caracterización morfológica y germinación de semillas de samandoque (*Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.) en Coahuila, México

David Castillo-Quiroz[1], Adriana Antonio-Bautista [2*], Francisco Castillo-Reyes[3], Joel Pájaro-López[4]

[1] *Posdoctorante CONAHCYT-UAAAN- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuarias. Campo Experimental Saltillo. Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 núm. 9515, Col. Hacienda de Buenavista. C. P. 25315. Saltillo, Coahuila, México.*
[2] *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas. Calzada Antonio Narro No. 1923, Colonia Buenavista Saltillo, C.P. 25315 Coahuila de Zaragoza, México.*
[3] *Campo Experimental Saltillo, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuarias (INIFAP). Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 No. 9515, Hacienda de Buenavista. C. P. 25315. Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México.*
[4] *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Agrobiología. Calzada Antonio Narro No. 1923, Colonia Buenavista Saltillo, C.P. 25315 Coahuila de Zaragoza, México*

Artículo recibido el 28 de junio y aceptado el 9 de agosto de 2024

Morphological characterization and germination of samandoque (Hesperaloe funifera (K. Koch) Trel.) seeds in Coahuila, Mexico.

Abstract

Hesperaloe funifera (K. Koch) Trel. (Giant Hesperaloe) is a native and endemic species of North America, distributed naturally in semi-arid ecosystems in central and northern Mexico and southwest Texas in the USA. Studies on the seed morphological characterization are important to recognize these in seed banks. The objective of this research was to carry out the morphological characterization and germination of samandoque (*Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.) seeds in Coahuila, Mexico. Mass harvest seed was carried out on 5 individuals in the botanical garden of the Saltillo Experimental Field from INIFAP. For morphological characterization, the variables were considered: seed length (LS), seed width (AS), seed thickness (ES); the three-dimensional seed shape (FTS), shape or contour (FS) and color of the seed is determined qualitatively. The morphometric analysis of *H. funifera* seeds did not present significant differences, which is why it is concluded that it is the same population where the variation of the evaluated variables is rare. The seeds of the samandoque presented a three-dimensional lenticular shape tending towards a flat-convex shape and black in color. On average, the length was 7.85 ±0.55 mm, width 5.92 ± 0.55 mm and thickness 1.17 ± 0.29 mm, with an average weight of 100 seeds of 4.27 ±0.286 g and 23,459 ± 1540 seeds per kilogram. The imbibition test at 0 and 24 hours was not significant, the percentages were 62 and 47, respectively. With this information obtained in this research, it will be important to carry out future tests with the germplasm such as the accelerated aging test and simultaneously tests of germination pretreatments.

Key words: physical characteristics, germplasm, morphometry, non-timber, semi-arid zone, giant hesperaloe.

Resumen

Hesperaloe funifera (K. Koch) Trel. (samandoque), es una especie nativa y endémica de Norteamérica, distribuida de manera natural en ecosistemas semiáridos del centro y norte de México y en el suroeste de Texas en EUA. Los estudios sobre la caracterización morfológica de la semilla son importantes para reconocer las semillas en bancos de semillas. Para el caso específico de *H. funifera* no existen estudios sobre este tema. El objetivo de esta investigación fue realizar la caracterización morfológica y germinación de las semillas de samandoque (*Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.), en Coahuila, México. Se realizó la colecta en

*Autor de correspondencia
Email: adisanbas@gmail.com
ISSN 2594-0384 (Electrónica)

forma masal en 5 individuos en el Jardín Botánico del Campo Experimental Saltillo INIFAP. Para la caracterización morfológica se consideraron las variables: largo de semilla (LS), ancho de la semilla (AS), espesor de la semilla (ES). La forma tridimensional de la semilla (FTS), la forma o contorno (FS), y color de la semilla, se determinaron de manera cualitativa. El análisis morfológico de las semillas de *H. funifera* no presentó diferencias significativas, por lo cual se concluye que se trata de una misma población donde es escasa la variación de las variables evaluadas. Las semillas del samandoque presentaron una forma tridimensional lenticular tendiendo a una forma plano convexo y de color negro. En promedio el largo fue de 7.85 ±0.55 mm, de ancho 5. 92 ± 0.55 mm y 1.17 ± 0.29 mm de espesor, el peso promedio de 100 semillas de 4.27 ±0.286 g y 23, 459 ± 1,540 kg^{-1}. La prueba de imbibición a 0 y 24 horas fue no significativa, los porcentajes fueron 62 y 47, respectivamente. Con la información obtenida en esta investigación será importante realizar futuros ensayos con el germoplasma como la prueba de envejecimiento acelerado y simultáneamente pruebas de pretratamientos de germinación.

Palabras claves: características físicas, germoplasma, morfometría, no maderables, zonas semiáridas, samandoque.

Introducción

El samandoque [*Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.), Asparagaceae], es un taxón nativo y endémico de Norteamérica (Espejo, 2012), se distribuye en la Sierra Madre Oriental y se restringe a ecosistemas desérticos del centro y norte de México, y en el suroeste de Texas en EUA (Starr, 1997); en México se tienen registros de colectas de especímenes de herbario para el centro y norte de Coahuila (Villarreal, 2001), norte de Nuevo León, norte y sureste de Tamaulipas, San Luis Potosí (Flores-Rivas y Martínez, 2019; Hochstätter, 2022). Crece en el matorral xerófilo en poblaciones dispersas en laderas rocosas y en llanuras abiertas y en sitios con suelos profundos y arcillosos en una elevación de 500 a 1,000 m y precipitación entre 100 y cerca de 500 mm (Starr, 1997), por su tipo de metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM), para realizar su fotosíntesis, es una especie adaptada a bajos requerimientos de humedad (Flores-Rivas y Martínez, 2019; Hochstätter, 2022).

Actualmente *H. funifera*, está considerada como una planta con valor ornamental, especialmente en ciudades con baja precipitación (250-300 mm), dado a que requiere bajos requerimientos de hídricos, mínimo mantenimiento, además, es una especie que con características estéticas excepcionales, por ejemplo, se conserva siempre verde en todo el año, ausencia de espinas, espectaculares inflorescencias de color blanco que se utiliza en paisajismo en zonas urbanas en California y suroeste de los Estados Unidos de América (McLaughlin *et al*., 2000). En el noreste México se destina para espacios públicos para reforestación urbana en camellones y glorietas, en jardines botánicos con especies de ecosistemas desérticos en universidades e institutos de investigación.

Las zonas semiáridas de la región noreste de México son caracterizadas por altos niveles de deterioro, escasa vegetación, altas temperaturas y baja precipitación. *H. funifera* podría ser una alternativa para plantaciones y/o reforestaciones (BGVC, 2021), para el control de la erosión debido a que la planta forma grupos de hojas de hasta 1.5 m de ancho y un vigoroso sistema radical fibroso y rizomas que brinda estabilidad al suelo (Starr, 1997). Así mismo, da protección y sombra ante la alta radiación solar para la construcción de madrigueras para la fauna silvestre, principalmente roedores; también sus flores son importantes para la alimentación de ciertas especies de murciélagos, lepidópteros, así como la polilla halcón, y con el beneficio de que estos intervienen en la polinización de *H. funifera* (Starr, 1997).

Estudios sobre la caracterización química de esta especie señalan que *H. funifera* podría ser una fuente de materia prima en la obtención de pastas celulósicas para la elaboración de papel y cartón (Sánchez-Serrano, 2010; Guillot y Vander-Meer, 2006). Ante un aprovechamiento en el largo plazo de *H. funifera* en las áreas de distribución natural de la región noreste de México, sería un punto clave implementar estrategias para su protección y conservación *ex situ* en un banco de germoplasma forestal bajo un ambiente controlado (temperatura y humedad), para prolongar su viabilidad en el almacenamiento y el potencial germinativo, y paralelamente, asegurar su supervivencia en su hábitat (Cochrane *et al*., 2007). Por otro lado, se vuelve esencial contar con germoplasma para realizar estudios de fitomejoramiento y para la propagación masiva de plantas, así como para

realizar plantaciones y/o reforestaciones en las áreas de distribución.

Los estudios sobre la conservación *ex situ* de *H. funifera* son escasos, en vista de ello, es necesario el desarrollo de ensayos con la semilla de este taxón como la prueba de envejecimiento acelerado (PEA), y simultáneamente pruebas de germinación (PG), sin embargo, previo a los estudios referidos tampoco existe investigación relacionada sobre la caracterización morfológica de esta especie y que puedan influir en los resultados en la PEA y las pruebas de germinación (PG).

La caracterización morfológica de una semilla consiste en la descripción de la morfometría externa que incluye caracteres cuantitativos y cualitativos. Los primeros se refieren a variables longitud de la semilla (LS), ancho de la semilla (AS), espesor de la semilla (ES) y peso de la semilla (PS), denominados caracteres morfométricos; los caracteres cualitativos aluden a la forma, textura y color de las semillas (González, 2001). El tamaño se refiere a la dimensión de la semilla y este depende de la ubicación geográfica y del medio donde crecen las plantas y es importante dado que influye en el porcentaje de emergencia total (Molatudi y Mariga, 2009).

Los estudios sobre la caracterización morfológica de la semilla son importantes para reconocer de las semillas en bancos de semillas (Niembro,1989), además, permiten caracterizar las poblaciones de un taxón y disponer de material genético para la realización de estudios de fitomejoramiento y conservación *ex situ* de una especie (Iglesias *et al*., 2006). Estudios sobre la forma de la semilla son fundamentales para la deducción sobre la diversidad biológica en su hábitat natural debido a sus estrategias de dispersión (Herridge *et al*., 2011). Cabe hacer mención que no se han realizado estudios que aborden la morfología para las semillas de *H. funifera*. Por lo que el objetivo del presente estudio fue realizar la caracterización morfológica y la germinación de semillas de samandoque (*Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.) en Coahuila, México.

Materiales y métodos

Recolección del material biológico

Para la caracterización morfométrica se utilizaron semillas de samandoque (*Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.). El material biológico se colectó en febrero de 2022 en el Jardín Botánico del Campo Experimental Saltillo del INIFAP en las siguientes coordenadas geográficas 25°20´40" LN y 101°02´01" LO, y una elevación de 1811 msnm. El clima del sitio corresponde a un BS1kw templado semi-seco, con una temperatura promedio de 18°C, con inviernos extremos y con una precipitación anual de 340 mm, con régimen de lluvias de verano (García, 2004). La recolección de los frutos (cápsulas con semillas de *H. funifera*), se hizo en forma masal en 5 ejemplares, directamente de la inflorescencia de la planta. Antes de la recolección del material biológico, se realizó una inspección de las cápsulas en la inflorescencia de cada uno de los ejemplares seleccionados para observar que presentaran dehiscencia, que indica la madurez fisiológica para la apertura del fruto para liberar las semillas (Starr, 1997). Las semillas se depositaron en bolsas de papel estraza y se trasladaron al Laboratorio del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Saltillo, en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Las semillas se almacenaron en el laboratorio por seis meses a una temperatura de 25 °C, hasta el momento para realizar la caracterización morfométrica.

Análisis morfológico de semillas

En agosto de 2022 las semillas se extrajeron de los frutos de manera manual y se realizó una depuración visual, desechando aquellas que presentaran anomalías como daño mecánico y por plagas o enfermedades (Villanueva-Castillo *et al*., 2022), posteriormente todas las semillas recolectadas se sometieron a un proceso de homogenizaron (mezcla), y se tomaron muestras a través de la técnica del octaneo y cuarteo (ISTA, 1999). Para la evaluación morfométrica se tomaron 70 semillas al azar distribuidas en 7 grupos. A cada semilla de los grupos se realizó su caracterización por su tamaño y se midió los siguientes caracteres cuantitativos: el largo de semilla (LS), el ancho de la semilla (AS), y espesor de la semilla (ES), con un vernier digital marca Steren® con aproximación en mm; con el propósito de determinar si existen diferencias significativas en los grupos. Para el registro de los caracteres cualitativos, forma o contorno de la semilla (FS), se determinaron con observación visual utilizando como referencia a CGC Bulletin (2020), y para determinar el color de la semilla (CS), se utilizó una Tabla Munsell de colores para la descripción de suelos; así mismo, se obtuvo el peso en forma individual de 100 semillas con ayuda de una balanza digital Ohaus Adventurer™ Pro.

Peso de las semillas y número de semillas por

kilogramo
Se registró el peso en gramos de tres grupos de 100 semillas, y dentro de cada grupo cuatro submuetras. Con el valor final de cada submuestra, se obtuvo el número de semillas por Kg = (Número de semillas de la muestra/Peso de la muestra) *1000 de acuerdo a Zavala-Hernández *et al*. (2015).

Prueba de germinación
Con la finalidad de cuantificar el efecto de la imbibición en la germinación de las semillas de *H. funifera* se compararon dos grupos, uno con 0 horas de imbibición (control), y otro con 24 horas de imbibición. Para ello se contabilizaron 100 semillas para cada grupo, donde las semillas tratadas fueron sumergidas en un recipiente con agua corriente y se dejó por 24 horas a temperatura ambiente. Posteriormente las semillas tratadas y no tratadas fueron colocadas en cajas Petri con papel absorbente humedecido con agua. Para la prueba de geminación, se colocaron 25 semillas por caja en una cámara bioclimática marca Biotronette Mark III®, a temperaturas de 25±2°C, y a ciclos de 12h:12h de luz/oscuridad, distribuidas completamente al azar. A los siete días de incubación se contabilizaron las semillas que germinaron de cada tratamiento, que consistió de cuatro repeticiones cada uno.

Análisis de los datos
Para la caracterización morfológica se comprobó que los datos obtenidos de las variables tuvieran una distribución normal (mesocúrtica), con valores de curtosis y sesgo estandarizados dentro del rango -2 a +2, de acuerdo con la prueba de normalidad (Kolmogorov-Smirnov), y homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene. Todas aquellas variables que no presentaron una distribución normal, como el largo de la semilla, se analizaron mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. A las variables de distribución normal se les realizó un ANOVA y diferenciación de medias mediante comparación con la prueba de Tukey a un nivel de significancia de $p \leq 0.05$. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software R 3.24 (R Core Team, 2018).

Resultados y discusión

En la tabla 1 se muestran los cuadrados medios de cada variable analizada asociada a la dimensión y peso de las semillas de *Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel., donde se observa que no existieron diferencias significativas $p \leq 0,05$ entre los grupos para ninguna de las variables bajo estudio.
Estos resultados están acorde a los supuestos de variabilidad cuando las muestras pertenecen a una misma población, en este caso los grupos analizados, aunque provenientes de diferentes plantas pertenecen a una misma población. Gómez-Hernández *et al*. (2022), mencionan que no deben existir diferencias morfométricas significativas en las semillas de una misma planta o población, así mismo, ellos mencionan que las diferencias que se presentan en la población bajo estudio pueden deberse a las condiciones ambientales.
Las nulas diferencias estadísticas entre los grupos de cada variable es un indicativo de que pertenecen a una misma población. En estas pruebas los resultados obtenidos coindicen con los de Calixto-Valencia *et al*. (2022), quienes realizaron comparaciones morfométricas de semillas y frutos de *Swietenia humilis* Zucc. y mencionan que no existen diferencias entre las poblaciones de la especie, sin embargo, si se presentaron diferencias significativas entre los sitios evaluados.
En la figura 1 se muestra el comportamiento de las dimensiones y peso de la semilla de *Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel., en los gráficos cuantil-cuantil (Q-Q), normales obtenidos para cada variable, respectivamente. El gráfico Q-Q es útil para determinar violaciones al supuesto de normalidad y homocedasticidad. Los datos (Figura 1), muestran que los puntos se agrupan alrededor de

Tabla 1. Valores medios de análisis de varianza de variables asociadas a largo, ancho y espesor de semillas de *Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.

Fuente de variación		Variables				
	GL	Ancho	Largo	Espesor	P100S	No. semillas/kg
Tratamientos	6, 2[a]	0.2600 [ns]	0.9356 [ns]	0.02181 [ns]	0.02976 [ns, a]	976861 [ns, a]
E.E.	63, 9[a]	0.3113	0.2483	0.09016	0.08197	2373957
Media		5.92	7.84	1.17	4.27	23459
CV		9.42	6.35	25.6	6.69	6.56

E.E = Error experimental, CV = Coeficiente de variación, GL = Grados de libertad, P100S= Peso de 100 semillas.

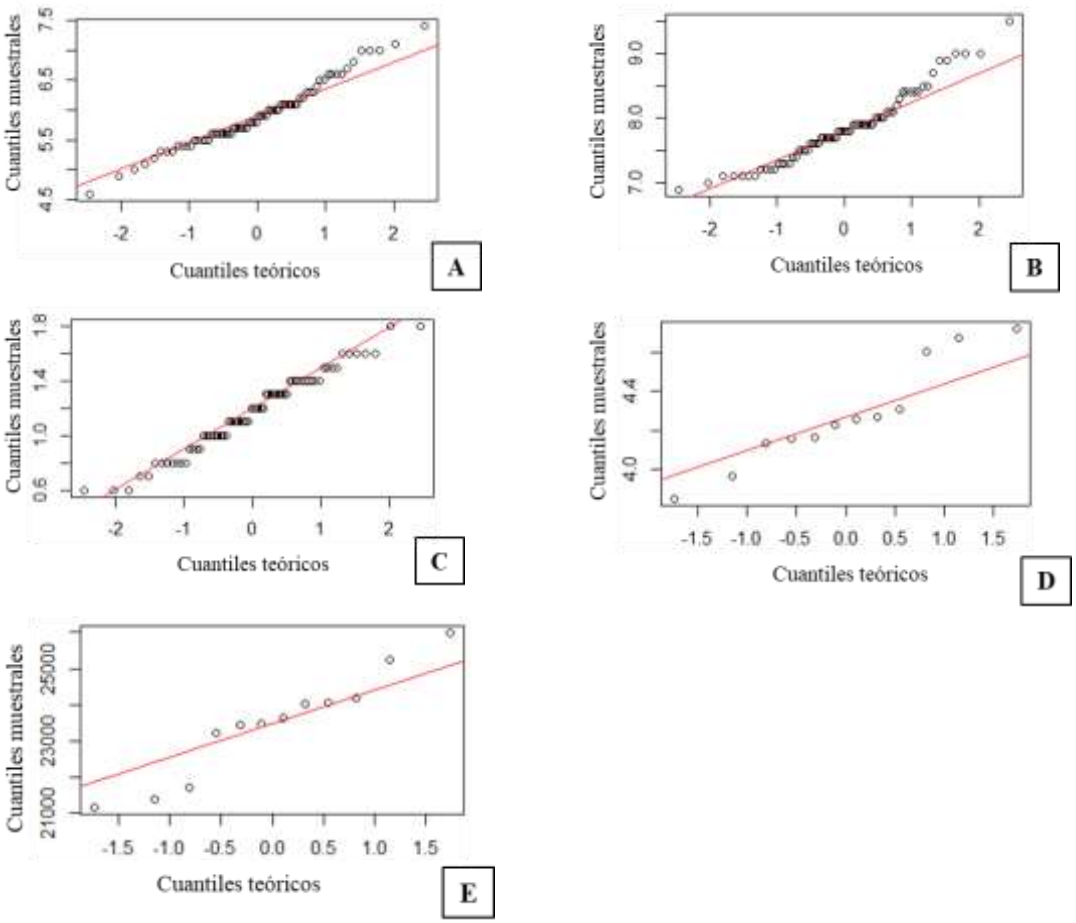


Figura 1. Gráfico de cuantiles (Q-Q Plot), para las variables: Ancho de semilla [A]; Largo de la semilla [B]; Espesor de la semilla [C]; Peso de 100 semillas [D]; Número de semillas por kg [E] en la especie *Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.

la línea de referencia (distribución normal), lo que indica que los datos se distribuyeron normalmente, excepto para la variable largo de semilla.

El tamaño de las semillas de *H. funifera* de los grupos evaluados se consideraron pequeñas, presentaron una longitud máxima y mínima entre 9.5 a 6.9 mm respectivamente, así como el ancho de 4.6 a 7.4 mm en el orden dado y el espesor entre 0.6 a 1.8 mm. El peso de 100 semillas entre 3.85 a 4.55 g de forma respectiva (Tabla 2).

La forma tridimensional de las semillas fue lenticular o semicircular, de contorno plano convexo en su mayor parte aplanado (Figura 2), con una textura áspera y tonalidad de la testa en color negro brillante con clave 10yr2/1 basado en las tablas de colores Munsell. Los resultados en relación al tamaño (largo y ancho), son semejantes a los reportados por BGVC (2021), y FNA (2023a), para esta misma especie BGVC (2021), reportan tamaños de la semilla que varían de 5.9 mm x 4.4 mm hasta 9.5 mm x 5.8 mm, mientras que FNA (2023a), reporta valores de 8 a 9 mm y de 5 a 7 mm de largo y ancho respectivamente, de igual manera coinciden con los caracteres cualitativos (forma y color).

Reportes en la literatura sobre el tamaño de las semillas de especies de la familia Asparagaceae de ecosistemas áridos y semiáridos, mencionan para el caso de *Agave lechuguilla* Torr., que éste presenta un tamaño entre 4.5 a 6 mm de largo y de 3 a 5 mm de ancho (FNA, 2023b), y para *Agave victoriae-reginae* T. Moore (González–Elizondo *et al*., 2011), reportan tamaños de la semilla de esta especie entre 4 x 2.5-3.5 mm; tamaño inferior a lo encontrado en la especie en estudio.

De acuerdo a los resultados de las variables morfométricas evaluadas para las semillas de *H. funifera*, no se presentaron diferencias significativas $p \leq 0,05$ con relación a las variables de largo (7.85±0.55), ancho (5.92 ± 0.0.55), espesor (1.17 ±

Tabla 2. Valores estadísticos y descriptivos de las dimensiones y peso de la semilla de *Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.

Variables	Media	Min.	Max.	DE	LI	LS
AS	5.92	4.60	7.400	0.554	5.366	6.474
LS	7.85	6.90	9.500	0.555	7.291	8.401
ES	1.17	0.60	1.800	0.290	0.878	1.459
P100S	4.27	3.85	4.55	0.286	4.03	4.68
NSPKG	23459	21174	25974	1540	21239	25711

AS= Ancho de semilla; LS= Longitud de la semilla; ES= Espesor de la semilla; P100S= Peso de 100 semillas; NSPKG= Número de semillas por kilogramo; Mín.= valor mínimo; Max. = valor máximo; DE= Desviación estándar; LI= Límite inferior; LS Límite superior.



Figura 2. Forma tridimensional de las semillas: lenticular o semicircular, de contorno plano converso en su mayor parte aplanado.

0.29), y peso de 100 semillas (4.27± 0.286) (Tabla 2). Lo anterior que indica que la calidad física de la semilla es homogénea en los cinco ejemplares de donde se obtuvo el germoplasma, y dado que se encontraron bajo las mismas condiciones agroecológicas, las semillas corresponden a una misma población. La International Seed Testing Association (ISTA, 1976), menciona que las semillas de una misma planta tomadas de forma aleatoria es altamente probable que no presenten diferencias morfométricas como fue el caso en los resultados en este estudio.

Porcentaje de germinación

Para los tratamientos evaluados en la germinación referentes a la imbibición a 0 y 24 h utilizando solamente agua, no se encontraron diferencias significativas (P> 0.109), por lo que basta con hacer la siembra directa de las semillas, sin realizar ningún tratamiento, para inducir la germinación (Figura 3). El porcentaje máximo observado fue de 62 % para las semillas imbibidas a 0 h, y para las semillas imbibidas a 24 h fue de 47%.

Conclusiones

El análisis morfométrico de las semillas de samandoque (*Hesperaloe funifera* K. Koch) Trel.), no presentó diferencias significativas, con escaza variación entre ellas y se concluye que estas variables son poco influenciadas por el ambiente en el que se desarrollaron las plantas y pueden ser utilizadas como indicadoras de estabilidad en trabajos de fitomejoramiento.

Agradecimiento

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo en una Estancia Posdoctoral por México–Modalidad Incidencia a través del proyecto "Conservación *ex situ* de plantas útiles de zonas semiáridas del noreste de México"

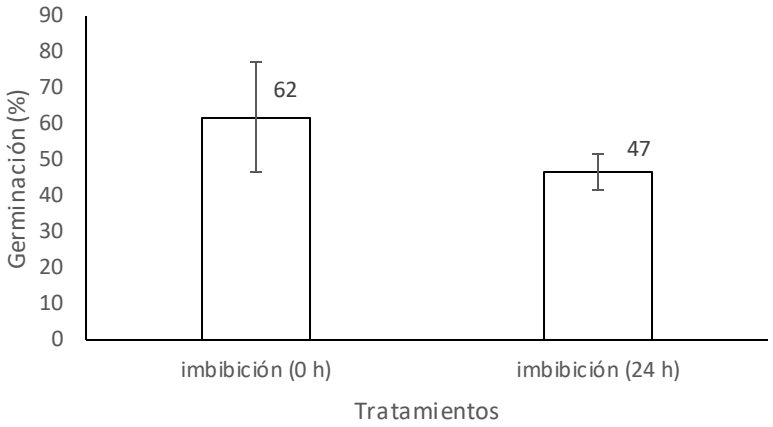


Figura 3. Porcentaje de germinación a los siete días de las semillas de *Hesperaloe funifera* bajo tratamiento de imbibición con agua a 0 y 24 horas.

Referencias

CGC (Canadian Grain Comission). 2020. Visual identification of small oilseeds and weed seed contaminants. Grain Biology Bulletin No. 3. Ed. Symons S. Canadian Grain Comission. Canada. 29 p. https://publications.gc.ca/collections/collection_2016/ccg-cgc/A93-40-2000-eng.pdf

Calixto-Valencia, C.G., Cetina-Alcalá, V.M., Ramírez-Herrera, C., López-López, M.Á., Ángeles-Pérez, G., Equihua-Martínez, A., Basave-Villalobos, E. 2022. Características morfométricas, reproductivas y germinativas del germoplasma de *Swietenia humilis* Zucc. en Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 13(72): 148-172.

Cochrane, A., Crawford A.D., Monks, L.T. 2007. The significance of *ex situ* seed conservation to reintroduction of threatened plants, *Australian Journal of Botany*, Vol. 55, No. 3, pp. 356–361.

Espejo, S.A. 2012. El endemismo en las Liliopsida mexicana. *Acta Botánica Mexicana* No.100:195-252.

Flores-Rivas, J., Martínez de la Vega, G. 2019. Resumen ejecutivo. Diversidad de especies. En: La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de Estado. Vol. II. CONABIO, México, pp. 83-86. https://slp.gob.mx/segam/Documentos%20compartidos/SIACC/BIODIVERSIDAD/ESTUDIO%20ESTADODE%20LA%20BIODIVERSIDAD%202.pdf.

FNA (Flora of North America). 2023a. *Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trelease. *In: Flora of North America* (Vol 26): 441. http://dev.floranorthamerica.org/Hesperaloe_funifera (Fecha de consulta 4 de septiembre de 2023).

FNA (Flora of North America). 2023b. *Agave lechuguilla* Torrey. *In: Flora of North America* (Vol 26): 449. http://floranorthamerica.org/Agave_lechuguilla (Fecha de consulta 6 de octubre de 2023).

García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (Para adaptarlo de la República Mexicana). 5ª ed. México. Instituto de Geografía – UNAM. 97 p. http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/83/82/251-1

Gómez-Hernández, M.M., Orantes-García, C., Verdugo-Valdez, A.G., Pozo-Gómez, D.M., Moreno-Moreno, R.A., Sánchez-Cortes, M.S. 2022. Contribución al conocimiento del árbol leche María (*Calophyllum brasiliense* Cambess, Clusiaceae): morfometría, viabilidad y germinación de semillas. *Acta Agrícola y Pecuaria* 8: e0081009 https://doi.org/10.30973/aap/2022.8.0081009.

González–Elizondo, M.S., González–Elizondo, M., López–Enríquez, I.L., Reséndiz–Rojas, L., Tena–Flores, J.A., Retana–Rentería, F.I. 2011. El complejo *Agave victoriae–reginae* (Agavaceae). *Acta Botánica Mexicana*. No.95. https://www.scielo.org.mx/pdf/abm/n95/n95a7.pdf

González, A.F. 2001. La caracterización Morfológica. *In*: González-Andrés F, Pita-Villamil J.M (Eds.). Conservación y Caracterización de Recursos Fitogenéticos. Publicaciones I.N.E.A. Valladolid. España. pp: 199-217.

Guillot, O.D., Van der Meer, P. 2006. El género *Hesperaloe* Engelm. cultivado en la Península Ibérica e Islas Baleares. GALE ONFILE. Informe Académico. Universidad Complutense de Madrid.

Herridge, R.P., Day, R.C., Baldwin, S., Macknight, R.C. 2011. Rapid analysis of seed size in Arabidopsis for mutant and QTL discovery. *Plant Methods*. 7:3. http://www.plantmethods.com/content/7/1/3.

Hochstätter, F. 2022. The genus *Hesperaloe* (Agavaceae) Postfach 510201, Feldstr. 61, D-68242 Mannheim, Germany. (Fecha de Consulta agosto de 2023). https://www.agavaceae.com/botanik/pflanzen/scans/gnr210/scan1/21010-1.pdf

Iglesias, L.G., Mora, I., Casas, J.L. 2006. Morfometría, viabilidad y variabilidad de las semillas de la población de *Pinus hartwegii* del Cofre de Perote, Veracruz, México. *Cuadernos de Biodiversidad* 19: 14-18. https://doi.org/10.14198/cdbio.2006.19.03

ISTA. 1976. International Rules for seed testing. Rules and annexes. *Seed Science and Technology* 4: 3-177.

ISTA. 1999. International rules for seed testing. Seed Science and Technology. 27. 302 p.

McLaughlin, S.P., Williams, R.R., Anouti, A.R., Ravetta, D.A., Nelson, J.M. 2000. Allocation of resources to flowering and fruit production in *Hesperaloe funifera* (Agavaceae). *Journal of Arid Environments*, 45(2): 99-110. https://doi.org/10.1006/jare.1999.0621.

Molatudi, R.L., Mariga, I.K. 2009. The effect of maize seed size and depth of planting on seedling emergence and seedling

vigour. *Journal of Applied Sciences Research* 5:2234-2237

Niembro, R. A. 1989. Semillas de plantas leñosas: morfología comparada. Ed. Limusa, 224 p.

Rodríguez-Ortiz, G. 2022. Variación morfométrica en semillas de agaves silvestres de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Vol.12 No.1 https://doi.org/10.29312/remexca.v12i1.2426

Sánchez-Serrano, R. 2010. Aprovechamiento integral del *Hesperaloe funifera* mediante fraccionamiento de sus componentes. Universidad de Córdova, España. https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/3511

Starr, G. 1997. A revision of the genus *Hesperaloe* (AGAVACEAE) Madroño Vol. 44, No. 3 282-296 pp.

BGVC (Banco de Germoplasma Vegetal Coahuila). 2021. Catálogo de Semillas Forestales del Banco de Germoplasma Vegetal Coahuila. Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Coahuila 77 p. https://sma.gob.mx/wp-content/uploads/2021/06/CATALOGO_SEMILLASSb.pdf

Villanueva-Castillo, D.M., Velasco-Velasco, V.A., De los Santos-Romero, R.B., Ruiz-Luna, J.R., Rodríguez-Ortiz, G. 2022. Variación morfométrica en semillas de agaves silvestres de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Vol.12 No.1

Villarreal, Q.J.A. 2001. XXIII. Flora de Coahuila. *En*: Listados Florísticos de México. Ed. Chiang C.F. Instituto de Biología, UNAM. México. 139 p. ISBN 968-36-1004-8 (serie). http://www.ibiologia.unam.mx/BIBLIO68/fulltext/lf23.p

Zavala-Hernández, J.T., Córdova-Téllez, L., Martínez-Herrera, J., Molina-Moreno, J.C. 2015. Desarrollo del fruto y semilla de Jatropha curcas L. e indicadores de madurez fisiológica de la semilla. Revista Fitotecnia Mexicana 38(3):275-284.