

Evaluación de residuos agrícolas como sustratos en la emergencia y desarrollo de plántulas de *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck

Evaluation of agricultural waste as substrates for germination and seedling development of *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck

Yessica Abigail Alvarado-Cepeda¹, *Jorge Luis Vega-Chávez², Moisés Felipe-Victoriano³,
María Isabel Reyes Arreozola⁴

¹Posdoctorado CONAHCYT-ITESHU, Instituto Tecnológico Superior de Huichapan. Domicilio Conocido, Sin número, El Saucillo, Huichapan, Hidalgo, México. C.P.4241. Tel. 7617248079. ext.1028.

²Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Huichapan División de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable. El Saucillo, Huichapan, Hidalgo, México. C.P.4241. Tel. 7617248079 ext.1028.

³Campo experimental las Huastecas Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Villa Cuauhtémoc, Tamaulipas. C.P. 89610. Tel. 8000882222

⁴Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo. Ingeniería en Industrias Alimentarias. Las Peñitas, Apan, Hidalgo, México. C.P. 43900. Tel. 748 912 4450.

*Autor de correspondencia: vegach@live.com.mx

Resumen

El género *Agave* es de los más representativos de México; sin embargo, la reproducción de maguey pulquero (*Agave salmiana* Otto Ex Salm-Dyck) ha disminuido considerablemente. Para propiciar su reproducción sexual, el objetivo fue evaluar la emergencia y el desarrollo de *A. salmiana* utilizando siete sustratos. Se cuantificaron días a emergencia (DAE), porcentaje de emergencia (PE), índice de velocidad de emergencia (IVE) y altura de hoja cotiledonar (AC) 21 días después de la siembra. No se encontraron diferencias significativas entre olote y bagazo de maguey para DAE e IVE. Se encontró que turba y bagazo de maguey desarrollaron la misma AC. Los valores más bajos para DAE, IVE y AC se encontraron en suelo y mezcla de suelo con olote. Perlita, turba, olote y bagazo de maguey presentaron emergencia entre 5.7 d y 6.5 d. El bagazo de maguey se considera una alternativa al uso de sustratos comerciales para la germinación y desarrollo en etapas iniciales de *A. salmiana*.

Palabras clave: *Agave salmiana*; maguey pulquero; desarrollo; reproducción; velocidad de emergencia.

Abstract

The *Agave* genus is one of the most representative of Mexico; however, the reproduction of maguey pulquero has decreased considerably. To promote its sexual reproduction, the objective was to evaluate the emergence and development of *A. salmiana* using seven substrates. Days to emergence (DTE), emergence percentage (PE), emergence velocity index (EVI), and cotyledon leaf height (CLH) were quantified 21 days after sowing. No significant differences were found between the cob and the maguey bagasse for DTE and EVI. It was found that peat and maguey bagasse developed the same CA. The lowest values for DTE, EVI, and CLH were found in soil and mixture of soil with cob. Perlite, peat, cob, and maguey bagasse emerged between 5.7 d and 6.5 d. Maguey bagasse is considered an alternative to the use of commercial substrates for germination and development in initial stages of *A. salmiana*.

Keywords: *Agave salmiana*; pulquero maguey; development; reproduction; speed of emergence.

Recibido: 23 de enero de 2024

Aceptado: 12 de junio de 2024

Publicado: 11 de septiembre de 2024

Cómo citar: Alvarado-Cepeda, Y. A., Vega-Chávez, J. L., Felipe-Victoriano, M., & Reyes Arreozola, M. I. (2024). Evaluación de residuos agrícolas como sustratos en la emergencia y desarrollo de plántulas de *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck. *Acta Universitaria* 34, e4041. doi: <http://doi.org/10.15174/au.2024.4041>

Introducción

El género *Agave* incluye especies nativas de regiones del suroeste de Estados Unidos, México y América Central (Delgado-Lemus *et al.*, 2014), de las cuales el 75% están presentes en México, siendo el 57% endémicas (García-Mendoza, 2011). Las plantas del género *Agave* en México son de importancia económica, ecológica y cultural (Hernández-Botello *et al.*, 2019). Una especie que destaca entre estas es *Agave salmiana* subsp. *salmiana* Otto ex Salm-Dyck, mejor conocida como maguey pulquero. Su importancia se debe a la diversidad de aprovechamiento que se le ha dado desde la antigüedad, ya que ha sido utilizada en la elaboración de pulque, combustible, muebles, artesanías y herramientas, así como en la retención de suelos y el aprovechamiento de insectos (Blas-Yañez & Thomé-Ortiz, 2021).

A pesar de la importancia ecológica que representa, la reproducción sexual y la densidad poblacional de la especie han ido en decremento debido al manejo inadecuado y al saqueo clandestino, lo que repercute en su diversidad, distribución y abundancia (Roldán & Medina, 2023). Del año 2000 al 2021, en el estado de Hidalgo, la superficie plantada con *A. salmiana* se redujo en un 55% (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2022), por lo que debería prestarse mayor atención en su conservación. Algunos autores mencionan que la forma de reproducción más recurrente de agave es a través de hijuelos de plantas cultivadas, lo que permite preservar un genotipo con características deseables por varias generaciones; sin embargo, esto podría repercutir en la reducción de la variedad genética (Trejo *et al.*, 2018), lo que provocaría disminución del proceso de adaptación a cambios ambientales, pudiendo incrementar el riesgo de extinción, como se registra para otras especies (Bourguiba *et al.*, 2012).

Para la reproducción masiva de manera sexual (por semilla) de diferentes especies, se requiere la utilización de insumos que proporcionen las condiciones óptimas específicas para cada cultivo (Moreno *et al.*, 2011). Los insumos que se utilizan con mayor frecuencia son los sustratos, como las turbas y la tierra de monte, que se extraen de los ecosistemas naturales ocasionándoles un impacto negativo (Acosta-Durán *et al.*, 2008). Debido a esto, se deben buscar alternativas viables para sustituir estos tipos de materiales. Al respecto, durante las últimas décadas se ha mostrado interés en la utilización de residuos agroindustriales con potencial para su uso en la producción agrícola en sistemas de producción intensivos, lo cual podría reducir costos de producción e impactos ambientales negativos (Estrada-Botello *et al.*, 2024).

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar materiales de residuos agrícolas para identificar su potencial como sustratos en la emergencia (días a emergencia, porcentaje de emergencia e índice de velocidad de emergencia) y desarrollo inicial de la plántula.

Materiales y métodos

Condiciones experimentales

El presente trabajo se realizó en las instalaciones de la División de Ingeniería en Innovación Agrícola, del Instituto Tecnológico Superior de Huichapan, Huichapan, Hidalgo, México, durante el periodo enero-octubre 2022. Se utilizaron semillas del cultivar *Xhaminí* que fueron recolectadas de cápsulas de magueyes disponibles en la región del Valle del Mezquital, Hidalgo, a las cuales no se les aplicó ningún tratamiento. Las semillas se mantuvieron en almacenamiento en bolsas de papel a $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Previo al experimento, se realizaron pruebas de germinación estándar en papel en condiciones de laboratorio, donde se registraron valores mayores al 97%.

Para el experimento, las semillas se sembraron a 0.5 cm de profundidad, colocando una semilla por cavidad (25 mm × 25 mm) en charolas de germinación de poliestireno con 60 cavidades, con diferentes tratamientos que consistieron en siete sustratos: turba (T1), perlita (T2), fibra de coco (T3), olote molido (T4), bagazo de maguey pulquero (T5), una mezcla de suelo+olote (80:20) (T6) y suelo (T7), utilizando cuatro repeticiones para cada tratamiento. Estas charolas se mantuvieron dentro de una cámara bioclimática PRENDO Modelo CB-14 a 25 °C ± 5 °C, fotoperiodo 12:12 y 60% ± 10% HR. El riego se suministró cada 48 h por aspersión con agua corriente, manteniendo los sustratos a capacidad de campo. Las variables evaluadas fueron: días a emergencia (DAE), porcentaje de emergencia (PE), índice de velocidad de emergencia (IVE) y altura de hoja cotiledonar (AC).

Evaluación días a emergencia (DAE)

Se contabilizaron los días transcurridos desde la siembra hasta la emergencia de la plántula con la hoja cotiledonar. Los datos se tomaron durante 21 días.

Porcentaje de emergencia (PE)

Se contabilizaron las plántulas hasta el día 21 después de la siembra (día en el que se presentó el mayor porcentaje de emergencia en alguno de los tratamientos); los datos se convirtieron a porcentaje de emergencia utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de emergencia} = \frac{\text{Número de plántulas emergidas en el último conteo}}{\text{Número de semillas sembradas}} * 100$$

Índice de velocidad de emergencia (IVE)

Se obtuvo a través del conteo diario de las plántulas emergidas a partir de la siembra, y se calculó mediante la expresión propuesta por Maguire (1962):

$$IVE = \sum_{i=1}^n \frac{Xi}{Ni}$$

donde IVE = Índice de velocidad de emergencia, Xi = Número de plántulas emergidas por día, Ni = Número de días después de la siembra y n = Número de conteos (1, 2, ..., n conteos).

Altura de hoja cotiledonar (AC)

Se obtuvo a los 21 días después de la siembra (dds), midiendo la longitud de la hoja cotiledonar desde su base sobre el sustrato hasta la parte apical, utilizando un vernier metálico marca TRUPER® (con rango 0 mm-150 mm).

Diseño experimental y análisis de datos

El diseño experimental fue completamente al azar. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (Anova) utilizando el paquete estadístico Minitab®, y para identificar las diferencias entre los tratamientos, se utilizó una prueba de medias de Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados

Las variables DAE, PE, IVE y AC evaluadas en este trabajo mostraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

Días a emergencia

La variable DAE de la hoja cotiledonar fue diferente según el sustrato. El primer sustrato donde se registró emergencia de la hoja cotiledonar fue perlita (5.7 dds); posteriormente, los sustratos turba, olote y bagazo de maguey se integraron en un mismo grupo estadístico (6 dds-6.5 dds), los cuales fueron diferentes estadísticamente ($p = 0.0001$) de los demás tratamientos, en un segundo grupo estadístico la fibra de coco (7.25 dds) y, por último, el suelo y la mezcla de suelo+olote se consideran como el grupo estadístico que requirió mayor número de días a emergencia (9.25 dds-9.5 dds) (Tabla 1).

Tabla 1. Efecto de sustratos en las variables días a emergencia, índice de velocidad de emergencia y altura de hoja cotiledonar de *Agave salmiana* en condiciones semicontroladas.

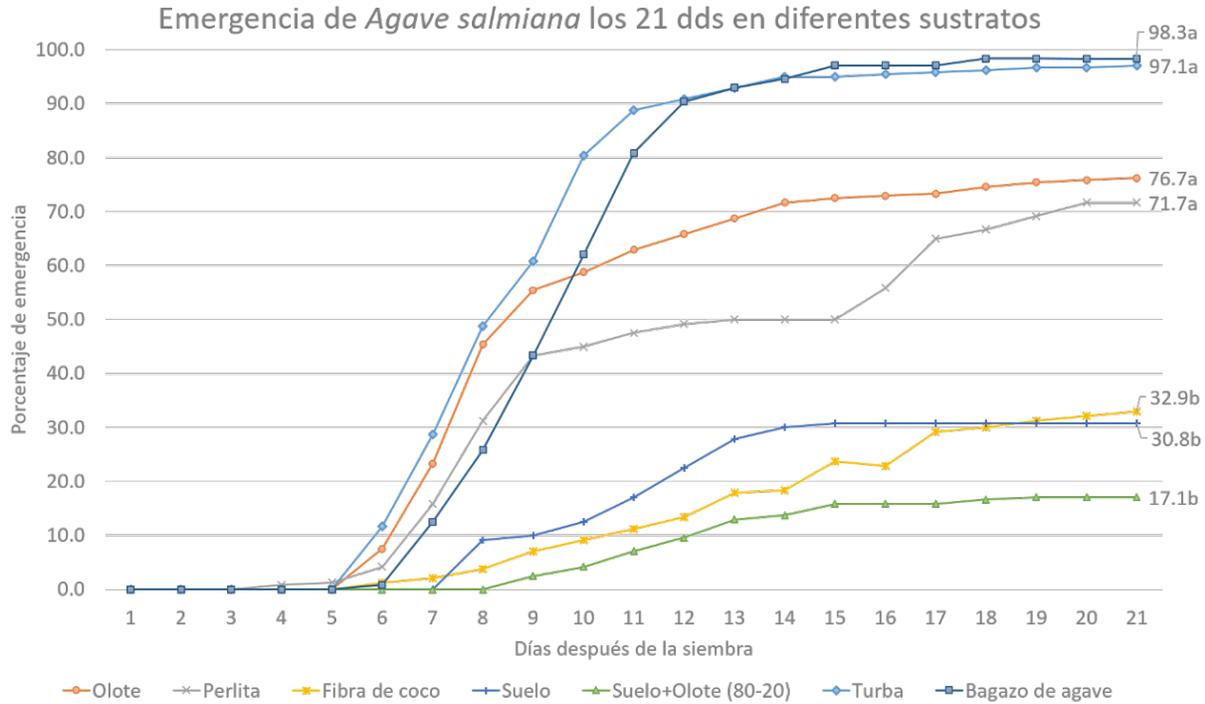
| Tratamiento | DAE (días) | IVE | AC 21dds (cm) |
|-----------------|-------------|----------------|---------------|
| Turba | 6.00 ± 0 a | 6.92 ± 0.83 a | 5.11 ± 0.76 a |
| Perlita | 5.75 ± 1 a | 4.36 ± 1.61 b | 2.34 ± 0.64 c |
| Fibra de coco | 7.25 ± 2 ab | 1.63 ± 0.57 c | 2.79 ± 1.04 c |
| Olote | 6.00 ± 0 a | 5.43 ± 1.20 ab | 4.25 ± 0.90 b |
| Bagazo de agave | 6.50 ± 1 a | 6.21 ± 0.41 ab | 5.51 ± 1.02 a |
| Suelo | 9.25 ± 1 bc | 1.79 ± 1.30 c | 2.57 ± 1.16 c |
| Suelo + Olote | 9.50 ± 1 c | 0.86 ± 0.44 c | 2.40 ± 1.10 c |

Nota. DAE: días a emergencia, IVE: índice de velocidad de emergencia, AC: altura de hoja cotiledonar. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$) (\pm desviación estándar).

Fuente: Elaboración propia.

Porcentaje de emergencia

El PE se registró diariamente hasta el día 21 después de la siembra (dds) (fecha en la que se presentó el mayor porcentaje en alguno de los sustratos). La evidencia estadística mostró diferencias significativas ($p = 0.0001$). Los sustratos que presentaron mayor porcentaje de emergencia al 21 dds fueron el bagazo de maguey y la turba con 98.33% y 97.50%, seguidos de olote y perlita con 76.67% y 71.67%, y los que presentaron los valores más bajos de porcentaje de emergencia fueron fibra de coco, suelo y la mezcla suelo+olote con 32.92%, 30.83% y 17.08%, respectivamente (Figura 1).



Nota. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).
Figura 1. Porcentaje de emergencia de plántulas de *Agave salmiana* en diferentes sustratos.
 Fuente: Elaboración propia.

Índice de velocidad de emergencia

El IVE de emergencia mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p = 0.0001$). El análisis de los resultados muestra tres grupos: en el primero, y con los valores más altos, se encuentran el sustrato turba y el bagazo de maguey (6.92 y 6.21) como los sustratos más eficientes en la emergencia de semillas; en el segundo están el olote y perlita (5.42 y 4.36); y en el tercero, con los valores más bajos, se observaron el suelo agrícola, fibra de coco y la mezcla de suelo+olote (1.79, 1.63 y 0.86) (Tabla 1).

Altura de hoja cotiledonar

Para la variable altura de hoja cotiledonar, a los 21 dds se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p = 0.0001$). Las mayores alturas presentadas en el primer grupo estadístico fueron para bagazo de maguey (5.51 cm) y turba (5.11 cm); el segundo grupo fue olote (4.25 cm); y el tercer grupo, en el cual se presentaron los menores valores, correspondió a fibra de coco (2.79 cm), suelo (2.57 cm), suelo + olote (2.40) y perlita (2.34 cm) (Tabla 1).

Discusión

Para la variable días a emergencia, este trabajo difiere de otros autores. Al respecto, Vázquez *et al.* (2011) reportaron que en semillas de *A. salmiana* de las variantes Blanco, chino, en condiciones de invernadero, tratadas con una mezcla de suelo agrícola y tezontle, presentaron la emergencia a 13 dds. Esta diferencia puede deberse a que las temperaturas a las que desarrollaron sus trabajos de investigación no fueron constantes (8 °C-50.9 °C), lo que pudo inhibir la germinación al existir una variación superior a 40 °C. Al respecto, Huo & Bradford (2015) identificaron que la temperatura es un factor determinante en el momento de la imbibición para la emergencia de semillas.

Por su parte, en cuanto al porcentaje de emergencia, Peña-Valdivia *et al.* (2006) reportaron similitudes con este trabajo, pues indican que, en general, las especies de *Agave*, en condiciones controladas a temperaturas entre 24 °C y 35 °C, presentan porcentajes de germinación cercanos a 100%. Orea *et al.* (2006) determinaron que en semillas de *A. durangensis* sembradas en turba, a 25 °C, presentaron porcentajes de emergencia de 94%-96% a los 26 dds. Con relación al uso de sustratos para evaluación de emergencia, Martínez (2022) reportó 45% de emergencia en semilla de *A. salmiana* sembradas en una mezcla de perlita + caucho y leonardita. Con relación a ello, Carranza *et al.* (2016) determinaron que la germinación de semillas es un proceso que requiere la combinación de factores como luz, temperatura y humedad relativa específicos para cada cultivo. Cuando la interacción de estos es adecuada, comienza la germinación mediante la imbibición de las semillas y la emergencia de la radícula (Bewley *et al.*, 2013).

En este estudio las variables porcentaje de emergencia e índice de velocidad de emergencia dan referencia del potencial que presenta el sustrato respecto a la emergencia de *A. salmiana* con relación al tiempo de germinación. Lamichhane *et al.* (2018) reportan que los factores que afectan la germinación pueden ser intrínsecos (propios de la semilla) y extrínsecos (factores bióticos y abióticos del ambiente), con lo que se puede explicar el efecto de los diferentes sustratos sobre la germinación y emergencia de semillas de agave. Lo anterior indica que el bagazo y la turba presentan estas características óptimas para la germinación y emergencia de *A. salmiana*. Cabe destacar que este trabajo se considera pionero en el cálculo del índice de velocidad de emergencia para la especie *A. salmiana* con diferentes sustratos.

Para altura de hoja cotiledonar, los resultados aquí presentados difieren con los registrados por Sánchez *et al.* (2018) (21 dds vs. 60 dds) cuando evaluaron los magueyes silvestres tobalá, sierrudo, cuishe y coyote. Las plantas utilizadas por estos autores se desarrollaron en suelo y fueron inoculadas con bacterias solubilizadoras de fósforo, donde la altura osciló de 1.9 cm a 4.7 cm. Estos sustratos permitieron un buen desarrollo de plántulas debido a la retención de humedad y a la presencia de nutrientes, por lo que los residuos orgánicos son una opción favorable para su utilización en las condiciones controladas para el desarrollo de cultivos (Hernández-Zárate *et al.*, 2014), reduciendo impactos ambientales negativos (Díaz-Franco *et al.*, 2015).

Conclusiones

Según los resultados obtenidos en este trabajo, se muestra que el bagazo de agave registra que la altura de hoja cotiledonar, la emergencia y días a emergencia de *A. salmiana* son iguales o mejores a los sustratos comerciales, por lo que se presenta con potencial para el desarrollo de ese cultivo.

Agradecimientos

El primer autor agradece al Conahcyt por el otorgamiento de una beca para la realización de esta investigación. Al Instituto Tecnológico Superior de Huichapan y al Cuerpo académico de Innovación e Investigación Agrícola (ITESHUIC-CA-11) por las facilidades brindadas para este trabajo.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existe conflicto de interés para la publicación del presente trabajo.

Referencias

- Acosta-Durán, C. M., Gallardo, C. S., Kämpf, A. N., & Bezerra, F. C. (2008). Materiales regionales utilizados en Latinoamérica para la preparación de sustratos. *Investigación Agropecuaria* 5(2), 93-106. <https://investigacionagropecuaria.jimdofree.com/art%C3%ADculos-5-2/>
- Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W. M., & Nonogaki, H. (2013). *Seeds. Physiology of development, germination and dormancy* (3a ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4693-4>.
- Blas-Yañez, S., & Thomé-Ortiz, H. (2021). Agave pulquero (*Agave salmiana*), importância socioeconômica e agroecológica e suas perspectivas de desenvolvimento: uma revisão da literatura. *Ciência Rural*, 51(4), e20200441. <http://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200441>
- Bourguiba, H., Audergon, J. M., Krichen, L., Trifi-Farah, N., Mamouni, A., Trabelsi, S., D'Onofrio, C., Asma, B. M., Santoni, S., & Khadari, B. (2012). Loss of genetic diversity as a signature of apricot domestication and diffusion into the Mediterranean Basin. *BMC Plant Biology*, 12(49), 1-16. <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2229-12-49>
- Carranza, C., Castellanos, G., Deaza, D., & Miranda D. (2016). Efecto de la aplicación de reguladores de crecimiento sobre la germinación de semillas de badea (*Passiflora quadrangularis* L.) en condiciones de invernadero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10, 284-291. <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2016v10i2.5791>
- Delgado-Lemus, A., Casas, A., & Téllez, O. (2014). Distribution, abundance and traditional management of Agave potatorumin the Tehuacán Valley, Mexico: bases for sustainable use of non-timber forest products. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 10(63). <https://doi.org/10.1186/1746-4269-10-63>
- Díaz-Franco, A., Gálvez-López, D., & Ortiz-Cháirez, F. E. (2015). Bioinoculación y fertilización química reducida asociadas con el crecimiento de planta y productividad de sorgo. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 31(3), 245-252. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v31n3/v31n3a4.pdf>
- Estrada-Botello, M. A., Gayosso-Rodríguez, S., Pérez-Cabrera, C. A., & Villanueva-Couoh, E. (2024). Physical and chemical characterization of organic wastes with potential use as components of horticultural substrates. *Bioagro*, 36(2), 211-222. <https://doi.org/10.51372/bioagro362.9>
- García-Mendoza, A. J. (2011). *Flora del valle de Tehuacán-Cuicatlán. Agavaceae. Fascículo, 88*. UNAM.
- Hernández-Zárate, L., Aldrete, A., Ordaz-Chaparro, V. M., López-Upton, J., & López-López, M. Á. (2014). Crecimiento de *Pinus montezumae* Lamb. en vivero influenciado por diferentes mezclas de sustratos. *Agrociencia*, 48, 627-637. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v48n6/v48n6a5.pdf>
- Hernández-Botello, M. T., Barriada-Pereira, J. L., Sastre de Vicente, M. E., Mendoza-Pérez, J. A., Chanona-Pérez, J. J., López-Cortez, M. S., & Téllez-Medina, D. I. (2019). Determination of bio sorption mechanism in biomass of Agave, using spectroscopic and microscopic techniques for the purification of contaminated water. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 19(1), 215-226. <https://doi.org/10.24275/rmiq/IA501>
- Huo, H., & Bradford, K. J. (2015). Molecular and hormonal regulation of thermoinhibition of seed germination. En J. Anderson (ed.), *Advances in plant dormancy*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14451-1_1
- Lamichhane, J. R., Debaeke, P., Steinberg, C., You, M. P., Barbetti, M. J., & Aubertot, J. N. (2018). Abiotic and biotic factors affecting crop seed germination and seedling emergence: a conceptual framework. *Plant and Soil*, 432, 1-28. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3780-9>

- Maguire, J. D. (1962). Speed of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2(2), 176-177. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>
- Martínez, L. C. (2022). *Evaluación del porcentaje de germinación de semillas de maguey en diferentes sustratos en Aramberry N.L.* [Tesis de maestría]. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/23988>
- Moreno R. A., Aguilar D.J. y Luévano, G. A. (2011). Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 15, 763-774.
- Orea, L. G., Cifuentes, D. L. A., Gómez, O. S., & Hernández, V. V. (2006). Germinación de semillas (*Agave durangensis*) a diferentes temperaturas y efecto de la fertilización en el desarrollo de las plántulas. *Vid supra*, 1, 51-56. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:171077098>
- Peña-Valdivia, C. B., Sánchez-Urdaneta, A. B., Aguirre, R. J. R., Trejo, C., Cárdenas, E., & Villegas, M. A. (2006). Temperature and mechanical scarification on seed germination of maguey (*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dick). *Seed Science & Technology*, 34(1), 47-56. <https://doi.org/10.15258/sst.2006.34.1.06>
- Roldán, E. I., & Medina, C. (2023). *Maguey aguamiel/pulque: una visión para el desarrollo territorial*. El Colegio del Estado de Hidalgo.
- Sánchez, S., Bautista-Cruz, A., & Martínez-Gallegos, V. (2018). Fosfobacterias promueven la emergencia y el crecimiento de agaves silvestres. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 6(17), 1-7. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2018.17.63408>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2022). *Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Gobierno de México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Trejo, L., Limones, V., Peña, G., Scheinvar, E., Vargas-Ponce, O., Zizumbo-Villarreal, D., & Colunga-GarcíaMarín, P. (2018). Genetic variation and relationships among agaves related to the production of Tequila and Mezcal in Jalisco. *Industrial Crops and Products*, 125, 140-149. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2018.08.072>
- Vázquez, E., García, J. R., Peña, C. B., Ramírez, H. M., & Morales, V. (2011). Tamaño de la semilla, emergencia y desarrollo de la plántula de maguey (*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34(3), 167-173. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v34n3/v34n3a7.pdf>