El paso de las semillas de *Stenocereus queretaroensis* (Weber) por el tracto digestivo de mamíferos frugívoros mejora su germinación

Daniel Hernández-Ramírez[1,2*] Ricardo David Valdez-Cepeda[3,4*], F. Martín Huerta-Martínez[5]

[1]Universidad Ignacio Castro Pérez (UNICAP). Calle del Ángel 76-B, Colonia Ejidal, CP 98600, Guadalupe, Zacatecas. México.
[2]Instituto Regional del Patrimonio Mundial en Zacatecas (IRPMZ), Juan de Tolosa 831, Centro Histórico, CP 98000, Zacatecas, Zac. México.
[3]Universidad Autónoma Chapingo, Centro Académico Regional Zacatecas. Km 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo. CP 98100. Morelos, Zacatecas. México.
[4]Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Matemáticas. Calzada Solidaridad S/N, CP 98064. Zacatecas, Zac. México.
[5]Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Departamento de Ecología Aplicada. Cam. Ramón Padilla Sánchez 2100, Las Agujas, CP 44600 Zapopan, Jal. México.

Artículo recibido el 13 de noviembre de 2025 aceptado el 25 de febrero de 2026

Stenocereus queretaroensis (Weber) seeds passage through the digestive tract of frugivorous mammals improves their germination.

Abstract

Stenocereus queretaroensis (Weber), known as 'Pitayo', is a species of ecological and nutritional importance in western Mexico. The effect of transit of its seeds through digestive tract of frugivorous mammals on seed germination was studied. Seeds were obtained from fecal samples of the digestive *Leptonycteris yerbabuenae* (bat), *Bassariscus astutus* (ringtail), and *Lepus* sp. (hare). In addition, seeds extracted directly from fruits were involved as a control treatment. Laboratory assays were conducted in Petri dishes containing moistened cotton substrate under uncontrolled environmental temperature and light. Passage of *S. queretaroensis* seeds through the digestive tract of mammals advances the moment when half of the maximum germination occurs, with respect to the control treatment. It occurs almost a week earlier in the cases of seeds from hare and bat excrement and >8 days earlier in the case of seeds extracted from Cacomixtle excrement. It is concluded that natural seed scarification derived from passage through the digestive tract of mammals enhances both germinability and germination rate of *S. queretaroensis*, highlighting its eco-physiological importance in the seed dispersal and regeneration processes of this cactus species in western Mexico.

Key words: Stenocereus queretaroensis, germination, digestive scarification, frugivorous mammals, seed ecophysiology.

Resumen

Stenocereus queretaroensis (Weber), conocida como 'Pitayo', es una especie de importancia ecológica y alimentaria en el occidente de México. El efecto del tránsito de sus semillas a través del tracto digestivo de mamíferos frugívoros sobre la germinación de semillas fue evaluado. Las semillas se obtuvieron de excretas de *Leptonycteris yerbabuenae* (murciélago), *Bassariscus astutus* (cacomixtle) y *Lepus* sp. (liebre). Además, semillas extraídas directamente de frutos se usaron para considerarse como tratamiento control. Ensayos en laboratorio se realizaron usando cajas de Petri con sustrato de algodón húmedo en condiciones ambientales no controladas de temperatura y luz. El paso de semillas de *S. queretaroensis* por el tracto digestivo de mamíferos adelanta el momento en el que la mitad de la germinación máxima ocurre, con respecto al tratamiento control. Esto ocurre casi una semana antes en los casos de semillas provenientes de excretas de

*Autor de correspondencia
Email: biodaniel1975@gmail.com, vacrida@gmail.com
ISSN 2594-0384 (Electrónica)

liebre y murciélago y >8 días antes en el caso de semillas extraídas de excretas de cacomixtle. Lo que se concluye es que la escarificación natural derivada del paso por el tracto digestivo de mamíferos favorece la germinabilidad y velocidad de germinación de *S. queretaroensis*, destacando su importancia ecofisiológica en los procesos de dispersión y regeneración de esta cactácea del occidente de México.

Palabras clave: Stenocereus queretaroensis, germinación, escarificación digestiva, mamíferos frugívoros, ecofisiología de semillas.

Introducción

Las plantas de *Stenocereus queretaroensis* Weber, conocidas popularmente como pitayas, crecen de manera silvestre o cultivada en algunas regiones de la vertiente del Pacífico del territorio mexicano (Cruz-Cárdenas *et al*., 2024). Su fruto constituye un complemento alimenticio relevante para las poblaciones humanas de dichas regiones. Sin embargo, las parcelas en que se cultiva esta especie son muy pocas; además, la propagación se ha realizado casi exclusivamente por vía vegetativa, lo cual probablemente ocasiona pérdida de variabilidad genética (Navarro-Jiménez *et al*., 2024; López y Sánchez, 1989).

Debido a la necesidad de diversificar el material de plantación, optimizar las condiciones de germinación y fomentar la reproducción sexual de la especie, la consideraración de hallazgos recientes sobre los rasgos morfológicos de las semillas de *S. queretaroensis*, su variabilidad de germinación, así como el papel de la dispersión por frugívoros en la diversidad genética es importante (Loza-Cornejo *et al*., 2024; Solís-Márquez *et al*., 2018; Ruán-Tejeda *et al*., 2016).

En este sentido, la endozoocoria (dispersión de semillas por animales), conlleva a legitimar a los dispersores de semilla siempre y cuando las semillas que atraviesan sus tractos digestivos conservan su capacidad de germinación. García-Ruiz *et al*. (2018), consignaron que dos especies de murciélagos (*Artibeus lituratus* y *Leptonycteris yerbabuenae*), y dos especies de aves (*Icterus pustulatus* y *Melanerpes chrysogenys*), son dispersoras legítimas de semillas de *S. queretaroensis*. También, Naranjo *et al*. (2003), consignaron que las especies de murciélago *Glossophaga longirostris* y de aves *Mimus gilvus* y *Tachyphonus rufus* son dispersoras legítimas y eficientes de semillas de *Stenocereus griseus* y *Subpilocereus repandus*; además, más semillas germinaron de manera más rápida que las que no pasaron por tracto digestivo de dichas especies. Estos antecedentes sugieren la necesidad de realizar ensayos de germinación, incluyendo consideraciones de temperatura, luz, humedad y tratamiento de semillas (Monteón-Ojeda *et al*., 2021; Pimienta-Barrios *et al*., 2002), así como la selección de la(s) funciones (curvas sigmoideas), a las que se ajuste mejor el porcentaje de semillas germinadas en función del tiempo.

Por lo anterior, la realización de ensayos básicos de germinación para la obtención de plántulas de pitaya a partir de la recolección de semillas extraídas de excretas de mamíferos consumidores del fruto se consideró pertinente. Por lo tanto, los siguientes objetivos se plantearon: (1) identificar qué tratamiento natural de escarificación (paso por tracto digestivo de mamífero), propicia un mayor porcentaje de germinación; y (2) identificar un función que describa el comportamiento de la germinación de manera confiable y con buen ajuste. En este contexto, los resultados podrían aportar bases metodológicas útiles para diseñar e implementar programas de conservación y aprovechamiento de *S. queretaroensis* que conlleven al mejoraramiento la germinabilidad de sus semillas tendiente al incremento de la diversidad genética de plantaciones y al mantenimiento de esta especie y su uso sostenible.

Materiales y métodos

Recolección de semillas

Recorridos intensivos de prospección en el área conocida localmente como "El Limoncillo", ubicada en el municipio de Autlán de Navarro, Jalisco, México se realizaron con el objetivo de recolectar muestras de excretas de mamíferos identificados en campo y consignados en la literatura como consumidores y potenciales dispersores de semillas de *Stenocereus queretaroensis* (Weber), especie comúnmente conocida como pitaya. Muestras de excretas de cacomixtle (B*assariscus astutus*) y de una especie de conejo no identificada (posiblemente del género *Lepus* sp.) fueron recolectadas para luego extraer semillas de pitaya. Dichas excretas, presentaron

contenidos pequeños de humedad, lo que impide inferir con precisión el tiempo transcurrido desde el tránsito intestinal y, por lo tanto, el grado de escarificación natural que experimentaron dichas semillas en el sistema digestivo de los especímenes de esas especies de mamíferos.

Dos individuos de murciélago nectarívoro *Leptonycteris yerbabuenae* se capturaron usando redes de niebla colocadas estratégicamente en sitios de forrajeo identificados previamente. Los murciélagos capturados fueron alojados temporalmente en jaulas de manejo adaptadas a su tamaño y comportamiento. Ahí, frutos maduros de *S. queretaroensis*, previamente cortados de forma longitudinal por la mitad más agua *ad libitum* les fueron suministrados como alimento exclusivo. De sus excretas se recolectaron semillas de pitaya. De manera complementaria, frutos maduros frescos recolectados directamente de las plantas se usaron también como fuente de semillas no escarificadas, para emplearlas como tratamiento control.

Todas las muestras —excretas y frutos— fueron colocadas en bolsas de papel rotuladas, procurando manipularlas siempre con cuidado para evitar daños mecánicos o contaminación cruzada. En el laboratorio, las semillas se separaron manualmente de la pulpa de los frutos y del material fecal con el auxilio de pinzas finas de disección. De igual forma, cuidados especiales se consideraron para evitar dañar el tegumento y no alterar su estructura superficial. Posteriormente, las semillas se limpiaron con un poco de agua corriente y se dejaron secar a temperatura ambiente durante 24 horas antes de los ensayos de germinación.

En las pruebas de germinación, las semillas se colocaron en cajas de Petri estériles, cada una con un sustrato de algodón humedecido con agua corriente. Cuatro grupos (tratamientos de semillas se conformaron: 100 semillas provenientes de excretas de *Leptonycteris yerbabuenae*, 100 semillas obtenidas de excretas de liebre e identificadas con el Manual de Aranda-Sánchez (2012), 100 semillas correspondientes al tratamiento control control extraídas directamente de frutos no consumidos por mamíferos y 50 semillas procedentes de excretas de cacomixtle (*Bassariscus astutus*).

Las cajas se mantuvieron en condiciones controladas de temperatura y humedad ambiental, con el fin de monitorear el proceso de germinación y registrar diariamente el número de semillas germinadas. Esta metodología permitió comparar la influencia del tipo de escarificación natural —ocurrida durante el tránsito intestinal de diferentes especies de mamíferos— sobre la viabilidad y velocidad de germinación de las semillas de *Stenocereus queretaroensis*.

Experimento de germinación

El experimento de germinación consistió en la colocación de 25 semillas en cada caja de Petri. En lo correspondiente a los tratamientos vinculados con las excretas de *Leptonycteris yerbabuenae* (murciélago magueyero menor), *Lepus* sp. (liebre) y control (semillas provenientes de frutos no consumidos por mamíferos), se usaron cuatro cajas Petri por tratamiento, las cuales representaron a cuatro repeticiones experimentales. En el caso del tratamiento asociado a las excretas de *Bassariscus astutus* (cacomixtle), dos cajas Petri con igual número de semillas (25 por caja), para un total de 50 semillas fueron usadas. De este modo, cada unidad experimental estuvo constituida por 25 semillas dispuestas sobre un sustrato de algodón humedecido con agua corriente dentro de la caja Petri.

Todas las semillas se mantuvieron a temperatura ambiente dentro del Laboratorio de Zoología del Instituto Manantlán de Ecología y Conservación de la Biodiversidad (IMECBIO), de la Universidad de Guadalajara. La temperatura fue un factor no regulado, pero su influencia se consideró relevante, ya que constituye un factor determinante en la respuesta fotoblástica y en la activación metabólica de la semilla (Orozco-Segovia y Vázquez-Yañez, 1992).

La humedad del sustrato en todas las unidades experimentales fue verificada diariamente y se aplicó agua corriente al sustrato cuando fue necesario con el fin de mantener un nivel de humedad constante durante todo el experimento.

Infecciones fúngicas y contaminaciones microbianas no se evidenciaron durante el tiempo involucrado en la fase experimental; ello indica validez de los resultados y la manipulación adecuada del material biológico.

Los datos que se registraron cada día corresponden a número de semillas germinadas. Luego, esos números se transformaron a porcentaje (0-100) . Los datos experimentales por tratamiento se ajustaron a las funciones sigmoides, de tres parámetros, logística (1) y log-logística (2) en Excel.

$$G(t) = \frac{G_{máx}}{1+e^{\left[b\left((t)-(t_{50})\right)\right]}}, \quad (1)$$

$$G(t) = \frac{G_{máx}}{1+e^{\left[b\left(log(t)-log(t_{50})\right)\right]}}, \quad (2)$$

donde $G(t)$ es el porcentaje de semillas germinadas en función del tiempo (Días), $G_{máx}$ es el porcentaje máximo de semillas germinadas, b es el parámetro de forma o pendiente de la curva (velocidad a la que ocurre la germinación a t_{50}), t es el tiempo (día) y t_{50} es el tiempo (días) en que se registró el 50% del porcentaje máximo de germinación ($G_{máx}$).

Resultados

La germinación de semillas de *Stenocereus queretaroensis* reveló diferencias significativas por efecto de su paso por el tracto digestivo de especímenes de murciélago (*Leptonycteris yerbabuenae*), cacomixtle (*Bassariscus astutus*), y liebre (*Lepus* sp.), o no (control). En general, los datos se ajustaron mejor a la función sigmoide log-logística (Tabla 1). Notablemente, los valores menores de la raíz cuadrada del cuadrado medio del error (RCME), y del criterio de información de Akaike (CIA), le corresponden a la función log-logística en comparación con los de la función logística al considerar cada tratamiento. En ese contexto, los valores mayores del coeficiente de determinación múltiple (R^2), se asocian a la función log-logística (Figura 1).

Con respecto al parámetro forma o pendiente de la curva ajustada (b), los valores mayores (≈5–6.5), sugieren una transición muy abrupta al considerar como referencia t_{50} (el tiempo en el que ocurre el 50% del total de semillas germinadas), y se asocian a las semillas colectadas de excretas de cacomixtle y liebre, así como a las del control. El valor de b ≈ 6.46, asociado al control, indica un incremento pronunciado *in crescendo* en la curva una vez que inicia la germinación de las semillas, pero su inicio es tardío (t_{50} ≈ 14 días, considerado grande). En cambio, la germinación de semillas extraídas de excretas de cacomixtle combina b ≈ 5.2 con t_{50} ≈ 5.6, valor muy pequeño, lo cual indica que inicia temprano y se incrementa rápidamente.

En cuanto al porcentaje de germinación máximo ($G_{máx}$), el mayor (~97.6%), le corresponde a semillas colectadas de excretas de liebre. Le siguen en orden semillas asociadas al tratamiento control (~87%), y murciélago (~81%). El menor porcentaje de germinación máximo ($G_{máx}$ ≈ 77.6%). se asocia a las semillas provenientes de excretas de cacomixtle.

La germinación más rápida se asocia a semillas provenientes de excretas de cacomixtle (≈ 5.6 días). La germinación intermedia corresponde a semillas colectadas de excretas de liebre y murciélago con ≈ 7.4 días y ≈ 7.6 días, respectivamente. La germinación más lenta se asocia al tratamiento control (≈ 14 días).

Discusión

En general, los resultados sugieren que las especies de murciélago (*Leptonycteris yerbabuenae*), cacomixtle (*Bassariscus astutus*), y liebre (*Lepus* sp.), son dispersores legítimos de semillas de *Stenecereus queretaroensis*, aunque con diferencias importantes. Este resultado es válido aun cuando el ensayo de germinación se hizo en condiciones de la luz prevaleciente en laboratorio. Esta decisión se basó en que las semillas hidratadas de pitaya son fotoblásticas positivas (Barrios, 2020; Takaki, 2001; López y Sánchez, 1989). En otras palabras, las semillas requieren un estímulo lumínico para iniciar el proceso de germinación. Este fenómeno, conocido como fotoblastismo, depende del pigmento fotorreceptor fitocromo, una proteína sensible a la luz que contiene como grupo activo un cromatóforo tetrapirrólico responsable de la detección de la radiación roja y roja lejana (Chandra *et al*., 2024; Li *et al*., 2022; Orozco-Segovia y Vázquez-Yañez, 1992). También, el ensayo involucró agua corriente, pero se confía en que los resultados son válidos porque, según López y

Tabla 1. Parámetros de ajuste de las funciones sigmoides logística y log-logística para cada tratamiento.

Tratamiento (Semillas vinculadas a excretas de especies y control)	Función	$G_{máx}$ (%)	b	t_{50} (días)	RCME	R^2	CIA
Cacomixtle (*Bassariscus astutus*)	Logística	76.949	0.924	5.746	2.464	0.992	51.097
Cacomixtle (*Bassariscus astutus*)	Log-logística	77.555	5.213	5.615	2.054	0.995	42.000
Control	Logística	83.676	0.509	14.010	2.668	0.994	55.070
Control	Log-logística	87.114	6.461	14.055	2.041	0.997	41.666
Liebre (*Lepus* sp.)	Logística	96.914	0.887	7.463	1.954	0.997	39.486
Liebre (*Lepus* sp.)	Log-logística	97.640	6.508	7.369	1.657	0.998	31.249
Murciélago (*Leptonycteris yerbabuenae*)	Logística	79.834	0.659	7.769	2.998	0.991	60.893
Murciélago (*Leptonycteris yerbabuenae*)	Log-logística	81.094	4.951	7.621	2.346	0.994	48.637

Sánchez (1998), en semillas de *Stenocereus griseus* (Haworth) Buxbaum —una especie afín a *S. queretaroensis*— las diferencias de los porcentajes de germinación al usar agua destilada y agua corriente son no significativas (de la Barrera y Nobel, 2003). Esto sugiere que el tipo de agua utilizada para la hidratación no afecta la viabilidad, aunque el contenido de agua en la semilla sí resulta crítico, ya que durante la imbibición (absorción de agua), se podría desarrollar sensibilidad a la luz.

La mayor capacidad de germinación ($G_{máx}$) correspondió a las semillas extraídas de excretas de liebre (*Lepus* sp.); ello implica que a este dispersor le corresponde la mayor eficiencia biológica con un 97.64% de semillas germinadas. Este resultado sugiere que el proceso de masticación y la exposición de las semillas de *S. queretaroensis* a jugos gástricos de este lagomorfo actúan como un tratamiento de escarificación casi perfecto, eliminando inhibidores químicos en la testa de la

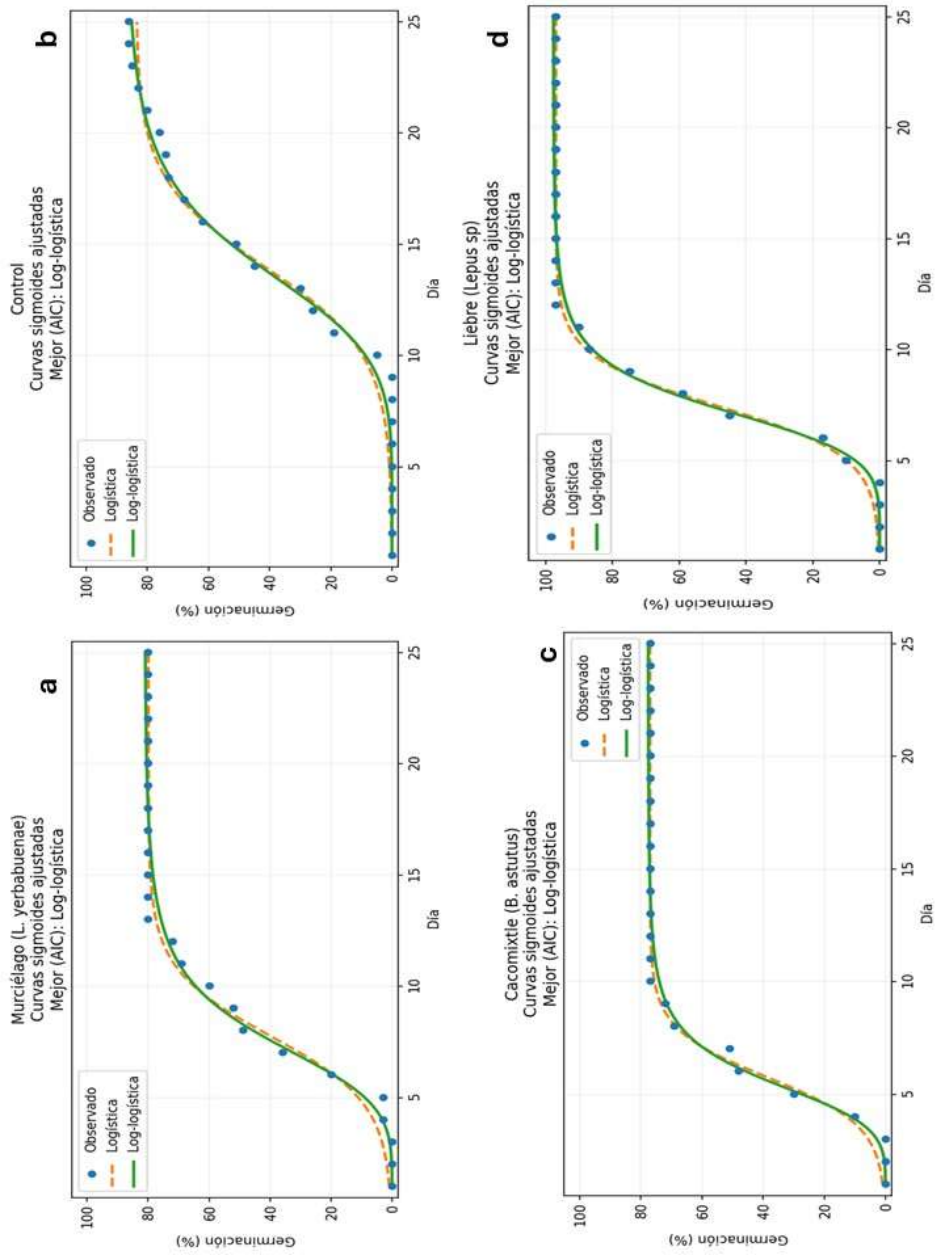


Figura 1. Porcentaje de semillas germinadas (•) después de pasar por el tracto digestivo de diferentes mamíferos (a, b y c) o no (d) y funciones sigmoideas ajustadas logística (---) y log-logistica (—).

semilla sin dañar el embrión.

Los valores de $G_{máx}$ asociados a semillas extraidas de excretas de murciélago (81.09%), y cacomixtle (77.55%), fueron menores que los del tratamiento control (87.11%). Esto sugiere que, aunque a estos dispersores se vinculan valores de t_{50} menores que los del tratamiento control, una fracción pequeña de las semillas podrían haberse dañado debido a la acidez extrema del tracto digestivo de estos mamíferos. Por consiguiente, en trabajos de investigación futuros tal supuesto debería ser comprobado.

El valor grande de $G_{máx} \approx 87.1$ % se asocia a semillas sometidas al tratamiento control; sin embargo, ese valor implica más tiempo (14 días). Esto indica que en sustratos que pierden humedad rápidamente, la sobrevivencia de plántulas estaría en riesgo y esta circunstancia es frecuente en zonas áridas y semiáridas. Lo contrario correspondería al caso de semillas que pasan por el tracto digestivo de cacomixtle porque la germinación asociada de semillas de *S. queretaroensis* es muy rápida ($b \approx 5.2$ y $t_{50} \approx 5.6$ días), aunque con un valor de $G_{máx}$ pequeño (≈77.55 %); en otras palabras, estas semillas podrían tener más posibilidades de sobrevivencia en sustratos que se deshidratan pronto. Ambos supuestos deben comprobarse en trabajos de investigación futuros.

Conclusiones

La germinación máxima y más veloz, de semillas de *Stenecereus queretaroensis* con respecto al tratamiento control (sin paso por tracto digestivo), se asocia a aquellas extraídas de excretas de liebre (*Lepus* sp.). Los valores de germinación máxima de semillas provenientes de excretas de murciélago (*Leptonycteris yerbabuenae*), y cacomixtle (*Bassariscus astutus*) son menores que el valor del control, aunque ligeramente sus velocidades de germinación son mayores (i.e. valores de t_{50} menores que el correspondiente al control).

El paso de semillas de *S. queretaroensis* por el tracto digestivo de mamíferos adelanta el momento en el que la mitad de la germinación máxima ocurre, con respecto al tratamiento control (casi una semana antes en los casos de semillas provenientes de excretas de liebre y murciélago y >8 días antes en el caso de semillas extraídas de excretas de cacomixtle). De esta manera y en concordancia con el objetivo dos, se tiene que, a la función log-logística con tres parámetros se ajustan de manera confiable los porcentajes de germinación de semillas de *S. queretaroensis*.

Referencias

Aranda-Sánchez, J.M. 2012. Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). ISBN: 978-607-7607-69-4. https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/versiones_digitales/ManualRastreoMamiferosMexico.pdf

Barrios, D. 2020. *Seed traits and germination in the Cactaceae family: A review*. Botanical Sciences, 98(3), 417-436. https://doi.org/10.17129/botsci.2501

Cruz-Cárdenas, G., Torres-Vázquez, E., Ochoa-Estrada, S., Silva-García, J. T., Cadena-Rodríguez, Y.J., Flores-Magañón, R. 2025. *Ecological niche and potential distribution of Stenocereus queretaroensis Weber in the Chapala subbasin, Mexico*. Egyptian Journal of Botany, 65(2), 141-150. https://doi.org/10.21608/ejbo.2024.330886.3055.

Chandra, R.-J., Masilamani, P., Suthakar, B., Rajkumar, P., Sivakumar, S.D., Manonmani, V. 2024. *Comprensión del papel de la luz en la germinación de semillas: una revisión exhaustiva.* Revista de Agricultura Experimental Internacional, 46 (6). pp. 895-909. ISSN 2457-0591. En: https://doi.org/10.9734/jeai/2024/v46i62542, visto el 12 de febrero del 2025.

de la Barrera, E., Nobel, P.S. 2003. *Physiological ecology of seed germination for the columnar cactus Stenocereus queretaroensis*. Journal of Arid Environments, 53(3), 297-306. https://doi.org/10.1006/jare.2002.1050.

García-Ruiz, M., Ruán-Tejeda, I., Zuloaga-Aguilar, M.S., Íñiguez-Dávalos, L.I. 2018. Characterization of endozoochorous dispersal of pitayo *Stenocereus queretaroensis*, in Autlán, Jalisco, Mexico. *Ethology Ecology & Evolution*, *30*(5), 447-460. https://doi.org/10.1080/03949370.2017.1423114

Li, X., Dong, S., Zhou, Y., Zhang, M. 2022. *Systematic analysis of photo/sko-regulated germination and post-germination development*. Frontiers in Plant Science, 13, 1042981. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1042981

López, R., Sánchez, P. 1989. *Germinación de dos variedades de pitaya (Stenocereus griseus) (Haworth) Buxbaum*. Cactáceas y Suculentas Mexicanas. Méx. XXXIV: 34-40.

Loza-Cornejo, S., López-Mata, L., Terrazas, T. 2024. *Morphological seed traits and germination of six species of Pachycereeae (Cactaceae)*. Journal of the Professional Association for Cactus Development, *10*, 71–84. https://doi.org/10.56890/jpacd.v10i.121

Monteón-Ojeda, A., Piedragil-Ocampo, B., García-Escamilla, P., Durán-Trujillo, Y., Romero-Rosales, T. 2021. *Effect of imbibition treatments on the germination of Stenocereus zopilotensis (Cactaceae) native from Guerrero, Mexi*co. Revista Terra Latinoamericana, 39. https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/827

Naranjo, M.E., Rengifo, C., Soriano, P.J. 2003. *Effect of ingestion by bats and birds on seed germination of Stenocereus griseus and Subpilocereus repandus (Cactaceae)*. *Journal of Tropical Ecology*, 19(1), 19-25.

Navarro-Jiménez, A.D., Núñez-Gómez, Y., Vargas-Madrigal, J. 2024. *Physicochemical characterization, bioactive compounds, and antioxidant capacity from Stenocereus queretaroensis: Mexican endemic fruits with high potential functionality*. Agronomy, 10(5), 451. https://doi.org/10.3390/horticulturae10050451

Orozco-Segovia, A., Vázquez-Yañez, C. 1992. *Los sentidos de las plantas: La sensibilidad de las semillas a la luz*. Ciencias. 43: 399-411.

Pimienta-Barrios, E., Robles-Murgía, C., Pimienta-Barrios, E. 2002. *Crecimiento primario en plantas silvestres de pitayo (Stenocereus queretaroensis (Weber) Buxbaum) y su relación con temperatura, lluvia y micorrizas*. Revista Fitotecnia Mexicana, 25(2). https://doi.org/10.35196/rfm.2002.2.219

Ruán-Tejeda, I., Huerta-Martínez, F.M., Muñoz-Urías, A. 2016. *Dispersión y diversidad genética de Stenocereus queretaroensis (Cactaceae) en Jalisco*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Guadalajara. https://riudg.udg.mx/handle/20.500.12104/90787

Solís-Márquez, O., Plascencia-Escalante, F.O., Romero-Manzanares, A., Cruz-Rodríguez, J.A., Ángeles-Pérez, G., Yáñez-Jiménez, P. 2018. *Potencial reproductivo de Stenocereus queretaroensis (Cactaceae) de San José de Cosalima, Zacatecas*. Revista Mexicana de Biodiversidad, 89(2), 553-562. En: https://www.redalyc.org/journal/425/42559305024/html

Takaki, M. 2001. *New proposal of classification of seeds based on forms of phytochrome instead of photoblastism*. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 13(1), 104-108. https://doi.org/10.1590/S0103-31312001000100011.