

CACTÁCEAS y suculentas mexicanas



VOLUMEN 63 No. 2

ABRIL - JUNIO 2018

ISSN 0526-717X

CACTÁCEAS y suculentas mexicanas

Volumen 63 No. 2
Abril-junio 2018

Editor Fundador
Jorge Meyrán

Consejo Editorial
Anatomía y Morfología
Dra. Teresa Terrazas
Instituto de Biología, UNAM

Ecología
Dr. Arturo Flores-Martínez
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN
Dr. Pablo Ortega-Baés
Universidad de Salta Argentina

Etnobotánica
Dr. Javier Caballero Nieto
Jardín Botánico IB-UNAM

Evolución y Genética
Dr. Luis Eguiarte
Instituto de Ecología, UNAM

Fisiología
Dr. Oscar Briones
Instituto de Ecología A. C.

Florística
M. en C. Francisco González Medrano †
Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco
Dr. Luis G. Hernández Sandoval
Universidad Autónoma de Querétaro
M. en C. Aurora Chimal Hernández
Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco

Horticultura
Dr. Candelario Mondragón Jacobo, INIFAP-UAQ
Dr. Elhadi Yahia
Universidad Autónoma de Querétaro

Química y Biotecnología
Dr. Francisco Roberto Quiroz Figueroa
Instituto Politécnico Nacional, Unidad Sinaloa

Sistemas Reproductivos
Dr. Francisco Molina F.
Instituto de Ecología Campus Hermosillo, UNAM
Dr. Jafet Nassar
Instituto Venezolano de
Investigaciones Científicas

Taxonomía y Sistemática
Dr. Fernando Chiang
Instituto de Biología, UNAM
Dr. Roberto Kiesling
CRICYT, Argentina
Dr. John Rebmán
Museo de Historia Natural, San Diego

Editores
Dr. Jordan Golubov
UAM-Xochimilco
Dra. María C. Mandujano Sánchez
Instituto de Ecología, UNAM
Dr. Humberto Suzán Azpiri
Facultad de Ciencias Naturales, UAQ, campus Juriquilla

Asistentes editoriales
Dra. Mariana Rojas Aréchiga
Instituto de Ecología, UNAM
Dra. Guadalupe Malda Barrera
Facultad de Ciencias Naturales, UAQ, campus Juriquilla

Diseño editorial y versión electrónica
Palabra en Vuelo, SA de CV

Impresión
Litográfica Dorantes SA de CV
Se imprimieron 1000 ejemplares, junio de 2018

SOCIEDAD MEXICANA DE CACTOLOGÍA, AC

Presidenta Fundadora
Dra. Helia Bravo-Hollis †

Presidente
Christian Brachet Ize

Vicepresidente
Alberto Pulido Aranda

Tesorera
Roxana Mondragón Larios

Vocal
Araceli Gutiérrez de la Rosa

Fotografía de portada:
Dasylirocn acrotrichum (Scheide) Zucc. (Nolinaceae)
Ileé Alonso-Anaya



Cactáceas y Suculentas Mexicanas es una revista trimestral de circulación internacional y arbitrada, publicada por la Sociedad Mexicana de Cactología, A.C. desde 1955, su finalidad es promover el estudio científico y despertar el interés en esta rama de la botánica.

El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de los autores y se encuentran bajo la licencia Creative Commons

La revista *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* se encuentra registrada en los siguientes índices: CAB Abstracts, BIOSIS (Thomson Reuters), Periodica y Latindex.

The journal *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* is a publication of the Mexican Society of Cactology, published since 1955.

The articles are under the Creative Commons license

The journal *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* is registered in the following indices: CAB Abstracts, BIOSIS (Thomson Reuters), Periodica and Latindex.

Dirección editorial (editor's address): *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, Instituto de Ecología, UNAM, Apto. Postal 70-275, Cd. Universitaria, 04510, Ciudad de México, México.

Correo electrónico: mrojas@ecologia.unam.mx

Suscripciones



El costo de suscripción y envío a la revista es de \$480.00 para México y 45 USD o 39 € para el extranjero. Suscripción y entrega en Lab. Genética y Ecología, Instituto de Ecología, UNAM (Dra. Mariana Rojas) \$400.00.

• Pago de suscripción mediante depósito en BBVA Bancomer a la cuenta: 0446308554 a nombre de Palabra en Vuelo SA de CV.

• Para transferencia en el mismo banco y cuenta con la CLABE: 012180004463085547.

• Para transferencia internacional añadir la clave: BCMRMXMMPYM.

• Mediante PayPal enviar a la cuenta con el correo:

palabraenvuelo1@gmail.com

Enviar comprobante de pago a los correos: mrojas@ecologia.unam.mx y palabraenvuelo@yahoo.com.mx

Subscription rates (includes shipment): 45.00 USD or 39.00 €.

• For national bank transfer in BBVA Bancomer with the account: 0446308554, CLABE: 012180004463085547.

• For international bank transfer in the same bank and account add the code: BCMRMXMMPYM.

• For payment via PAYPAL, send the paid amount to palabraenvuelo1@gmail.com, then send proof of payment to mrojas@ecologia.unam.mx and palabraenvuelo@yahoo.com.mx

Consulta de la revista en formato digital en la siguiente liga (electronic editions available at the following link): web.ecologia.unam.mx/cactsucmex



Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos siempre y cuando se cite la fuente y no sea con fines de lucro.

La Sociedad Mexicana de Cactología, AC agradece la coedición y el financiamiento de esta publicación a los fondos aportados por la Universidad Autónoma de Querétaro.



CACTÁCEAS y suculentas mexicanas

Volumen 63 No. 2 abril - junio 2018



Contenido

Factores ecológicos asociados al establecimiento de <i>Dasyliirion acrotrichum</i> (Schiede) Zucc. (Nolinaceae) en una población de Cadereyta de Montes, Querétaro, México Alonso-Anaya IC, Maruri-Aguilar B, Sánchez-Martínez E, Mandujano MC.....	36
Sobre la germinación de la especie exótica invasora <i>Asphodelus fistulosus</i> L. (Xanthorrhoeaceae) Guerrero-Elvira S & Golubov J.....	56
<i>Aztekium ritteri</i> (Boed.) Boed. 1929 López-Flores D.....	64

Contents

Ecological factors related to the establishment of <i>Dasyliirion acrotrichum</i> (Schiede) Zucc. (Nolinaceae) in a population of Cadereyta de Montes, Queretaro, Mexico Alonso-Anaya IC, Maruri-Aguilar B, Sánchez-Martínez E, Mandujano MC.....	36
About the germination of the exotic invasive <i>Asphodelus fistulosus</i> L. (Xanthorrhoeaceae) Guerrero-Elvira S & Golubov J.....	56
<i>Aztekium ritteri</i> (Boed.) Boed. 1929 López-Flores D.....	64

Factores ecológicos asociados al establecimiento de *Dasyliirion acrotrichum* (Schiede) Zucc. (Nolinaceae) en una población de Cadereyta de Montes, Querétaro, México

Alonso-Anaya Ilse Citlalli¹, Maruri-Aguilar Beatriz^{2*}, Sánchez-Martínez Emiliano², Mandujano María C.^{1*}

Resumen

En la localidad de El Agua Salada, Cadereyta de Montes, Querétaro se efectuó un estudio con *Dasyliirion acrotrichum*, para determinar la manera en que el nodricismo y la granivoría influyen en la germinación de las semillas; el papel de las brácteas en la germinación; y para identificar la temporada más conveniente para efectuar la reintroducción de la especie. Se realizó un experimento factorial que indica que la germinación de *D. acrotrichum* es mayor en los tratamientos bajo nodriza y con exclusión de granívoros, y que el dosel de las plantas es un factor que disminuye la granivoría. No hubo diferencias significativas en la germinación de semillas con y sin brácteas. Empleando los datos de la Estación Meteorológica Tolimán, estación cercana al sitio de estudio, se calcularon promedios mensuales de temperatura media, humedad relativa media y precipitación pluvial acumulada mensual, encontrándose que los meses de mayo a agosto se presenta la mayor precipitación, por lo que estos meses son adecuados para efectuar reintroducciones de la especie.

Palabras clave: establecimiento, germinación, granivoría, reintroducción, sotol.

Summary

A study with *Dasyliirion acrotrichum* was undertaken at El Agua Salada, Cadereyta de Montes, Querétaro, Mexico to determine the way in which nurses and granivory influence in the seed germination, the role of the bracts in germination, and the most suitable season for the reintroduction of the species. A factorial experiment showed that germination mostly happens at treatments under nurses and with granivory restriction, and indicated that plants canopy reduced seed predation. There were no significant differences in the germination of seeds with and without bracts, although the seeds without bracts germinated first. Low germination is a limiting factor which results in poor recruitment of new plants at this population. Using records from the Tolimán Meteorological Station, it was found that the period between May and August, is a good season for reintroduction of plants.

Key words: establishment, germination, granivory, reintroduction, sotol.

¹ Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, Circuito Exterior S/N. Apartado Postal 70-245. Ciudad Universitaria, Ciudad de México, C.P. 04510.

² Jardín Botánico Regional de Cadereyta "Ing. Manuel González de Cosío". Camino a Antigua Hacienda de Tovares S/N. Ejido "Las Fuentes y Pueblo Nuevo"; Cadereyta de Montes, Querétaro. C.P. 76500.

*Autores de correspondencia: bmaruri@concyteq.edu.mx, mcmandujano@gmail.com

Introducción

El matorral xerófilo ocupa aproximadamente el 40% de la superficie del país por lo que es el más vasto de todos los tipos de vegetación de México. Cubre la mayor parte del territorio de la Península de Baja California y se distribuye ampliamente por la Altiplanicie mexicana, desde Chihuahua y Coahuila hasta Jalisco, Guanajuato, Hidalgo, Querétaro y el Estado de México, prolongándose al sur en forma de faja estrecha a través de Puebla hasta Oaxaca. El clima en estos ambientes es extremoso, particularmente la insolación suele ser muy intensa (Rzedowski 2006). En este tipo de vegetación la lluvia es irregular y presenta fuertes diferencias de un año a otro; el número de meses secos generalmente varía de 7 a 12 por año, y la precipitación acumulada media anual generalmente es inferior a 700 mm. Los climas corresponden dentro de la clasificación de Köppen (1948) con los tipos “seco desértico” (BW) y “seco estepario” (BS) y sus numerosas variantes.

Debido a las condiciones de aridez, la agricultura con cultivos convencionales se malogra, por lo que los habitantes históricamente han hecho uso y manejo de especies nativas del ecosistema árido como una alternativa para obtener recursos para la manutención familiar (Martínez 2013), ya sea con fines de construcción como cercas vivas, o como combustible, textiles, medicina y alimentos, sobre todo en épocas de escasez (Rzedowski 2006). Entre las especies más aprovechadas, hay ejemplos de uso práctico, como el orégano, la lechuguilla, la candelilla, el mezquite, el palo fierro, la damiana, los agaves y cactáceas (Martínez 2013); y ejemplos de especies que presentan

un uso de tipo ritual, como la especie objeto de este trabajo.

El sotol (*Dasyllirion*) es uno de los productos forestales no maderables (PFNM) más importantes de las regiones áridas; con sus hojas se realizan trabajos de cestería y otras artesanías; también pueden ser fuente local de combustible y sus flores son comestibles (Arreguín *et al.* 1997; Terrones *et al.* 2006; Martorell & Ezcurra 2007). Las hojas incluso han servido como forraje para ganado y fibra (Bogler 1994), y su inflorescencia es utilizada en la construcción como cerco para delimitar propiedades o como techos para sombra (Cano 2006). Las especies de este género han sido utilizadas para la producción de la bebida alcohólica conocida como “sotol” por los pobladores de su área de distribución histórica (Melgoza & Sierra 2003). Ibañez *et al.* (2001) mencionan que a partir de esta especie también se puede extraer inulina (polisacárido no digestible para el humano), un prebiótico de gran valor para la industria farmacéutica.

En particular, *Dasyllirion acrotrichum* (Schiede) Zucc. constituye parte de la identidad de comunidades al ser empleada para la construcción de arreglos, arcos florales y de estructuras conocidas como “chimales” (Castillo 2000; Lastra de Suárez 1971) que son elementos centrales en festividades y ofrendas religiosas en varias localidades de México. El sotol se utiliza con dicho fin en San Miguel de Allende, Guanajuato (Mendoza-García 2009), San Marcos de León, Xico, Coatepec, Teocelo, Acajete, Tlalnelhuayocan y Tequila, en el estado de Veracruz (Haeckel 2008), Mexquitic de Carmona, ubicada en el altiplano potosino (Bravo & Fortanelli 2004), en Hidalgo (López-Gutiérrez 2010), Morelos (Corrales-Mendoza 2011) y en San Miguel Tolimán,

Querétaro (Reséndiz 1997; Castillo 2000; Díaz-Guillén *et al.* 2015).

La cantidad de individuos maduros que se extrae de los montes y matorrales para construir los arcos florales causa preocupación entre los propios mayordomos (encargados de costo y logística de las festividades religiosas) de algunas comunidades que la utilizan (Mendoza-García 2009), ya que para construir un solo arco floral se consumen por lo menos 30 plantas (Mata-Labrada 2007).

Haeckel (2008) menciona que más de 70 arcos florales se construyen por año en cuatro municipios de Veracruz, por lo que el número estimado necesario por año sería de 2 100 plantas, que es una cantidad exorbitante y que aún podría incrementarse, debido al número de comunidades que tal vez ya estén realizando esta actividad y que aún no son registradas. Esto, debido al incremento de la población y sus necesidades; a la urbanización, la proliferación de parroquias e iglesias, y el mayor acceso al transporte (Haeckel 2008).

La extracción de recursos provenientes de las poblaciones silvestres con el fin de abastecer las tasas de consumo o uso de la población humana, sin regulación, sin reintroducción, y que poseen bajo reclutamiento, podrían ocasionar la extinción local de la especie a corto plazo (Matthies *et al.* 2004; Rozzi *et al.* 2001); ya que al realizar la simulación de extracción de individuos adultos de *D. acrotrichum* y al disminuir su fecundidad, se muestra que la población decrece, lo que prueba que sí existe un impacto del saqueo intensivo sobre las poblaciones (Morales 2018).

Los efectos del empleo de los recursos vegetales son muy notables en las zonas áridas (Rzedowski 2006). Los matorrales han sido

afectados en gran medida por los procesos de degradación y deforestación (Miranda *et al.* 2013) y presentan alta fragmentación (Arriaga 2009); esto se debe a que ha aumentado la demanda de PFM procedentes de estas regiones, ocasionando la ausencia o disminución de materia prima que se obtiene de las comunidades vegetales para la elaboración de los productos requeridos por la población (Cano & Martínez 2007).

Esta situación genera la necesidad de recuperar o restituir la cubierta vegetal mediante la repoblación forestal (Serrato & Díaz 1998), asistir el reclutamiento natural de la especie, así como de implementar planes de manejo de los recursos naturales bajo un esquema sustentable. Sin embargo, el conocimiento científico de aspectos ecológicos de las poblaciones, comunidades y el medio físico donde crecen las especies del matorral xerófilo es aún insuficiente, lo cual limita la planeación de estrategias de conservación de las poblaciones aprovechadas y de su diversidad genética, así como del incremento de su productividad (Martínez 2013).

En el matorral xerófilo, hábitat de *D. acrotrichum*, el establecimiento de plantas perennes ocurre bajo condiciones extremas y poco predecibles, por lo que es importante conocer la dinámica de su crecimiento en etapas tempranas, a fin de comprender los procesos de las poblaciones y la estructura de las comunidades (Valiente-Banuet & Ezcurra 1991), generar protocolos adecuados para la reintroducción de individuos y asegurar el mantenimiento de las poblaciones en explotación. El establecimiento de muchas especies ocurre bajo plantas perennes, denominadas nodrizas, las cuales modifican el ambiente debajo de su dosel (Turner *et al.* 1966; McAuliffe

1988) y permiten el establecimiento de algunas especies. Se han descrito los diversos beneficios que obtienen las plantas al establecerse bajo nodrizas, como: disminución de la presión por depredación (Niering *et al.* 1963; McAuliffe 1984), disminución de la radiación solar directa y de las temperaturas del suelo (Franco & Nobel 1989), y protección de las plántulas durante periodos de congelamiento (Steenbergh & Lowe 1977; Nobel 1980); todo esto incrementa la supervivencia de plántulas que habitan en estos sitios.

Por lo anterior, el objetivo general de este trabajo fue determinar los factores ecológicos que influyen en el establecimiento de *D. acrotrichum* y establecer un método para la reintroducción de semillas con el fin de asistir el reclutamiento de individuos en condiciones naturales. En particular se determinó si el nodricismo y la granivoría influyen en la germinación de *D. acrotrichum* y el efecto de las brácteas que envuelven a las semillas en la germinación. Finalmente, se estableció la temporada en la que se presenta el mayor porcentaje de humedad relativa y de precipitación pluvial acumulada, de tal forma que se establezca el momento más adecuado para realizar reintroducciones de la especie. La hipótesis central es que la germinación será mayor con la protección de las plantas nodrizas en donde también la presión de granivoría disminuye.

Material y métodos

Especie de estudio

Dasyllirion acrotrichum (Schiede) Zucc. (Familia Nolinaceae) (Bogler 1994), es una especie dioica, iterópara y perenne (Melgoza & Sierra 2003). Es una planta que mide de 40 cm a 2 m de al-

tura y con un tallo generalmente no ramificado (Foto 1). Presenta hojas de 30 a 60 cm de largo por 5 a 12 mm de ancho, flexibles, de color verde claro, con el ápice provisto de un mechón de fibras, margen aserrado y provisto de espinas recurvadas, a menudo estas últimas con tonos rojizos (Rzedowski & Rzedowski 2001) (Foto 2).

El fruto es una cápsula indehisciente con un pericarpio alado, el cual consiste en una delgada capa transparente de tres alas o brácteas que ayudan a su dispersión por el viento. La semilla presenta tres caras o lóbulos de color café y son ligeramente más largas que anchas (Bogler 1994; Hernández 2008; Melgoza & Sierra 2003; Robles-Esparza *et al.* 2008; Sierra *et al.* 2008; SEMARNAT-CONAFOR, s. f.; Vega *et al.* 2006).

La especie es endémica de las regiones del centro de México (Galván 2001) y se encuentra registrada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como Amenazada (A). Sus fibrosas hojas se ensanchan en la base, tomando la forma de una amplia cuchara (Bogler 1994), característica que le otorga su nombre común, "cucharilla".

Sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo en la localidad de El Agua Salada (Foto 3), municipio de Cadereyta de Montes, Querétaro, México (Fig. 1). El sitio se ubica en las coordenadas 20° 41' 28"N y 99° 49' 08"O a 1780 m snm. El clima es semiseco templado con lluvias de verano (Bs1kw), la temperatura media anual es de 16 °C, con una precipitación media anual acumulada que va de 550 a 660 mm (Gobierno del Estado de Querétaro 2009b). El tipo de suelo es litosol (INEGI 2006) y el tipo de vegetación es matorral xerófilo subinermes (Gobierno del Estado de Querétaro, 2009a).

Colecta de semillas

Se realizaron dos colectas de frutos, en el 2015 y 2016 en el sitio de estudio. En la primera colecta se tomaron manualmente frutos de las inflores-

Ilse Alonso-Anaya



FOTO 1. Individuo de *Dasyliiron acrotrichum*.

Ilse Alonso-Anaya



FOTO 2. Hojas de *Dasyliiron acrotrichum* donde se aprecia el ápice con fibras.

Tania Fernández



FOTO 3. Paisaje de “El Agua Salada”. En primer término, un individuo adulto de *Dasyliroa acrotrichum*.

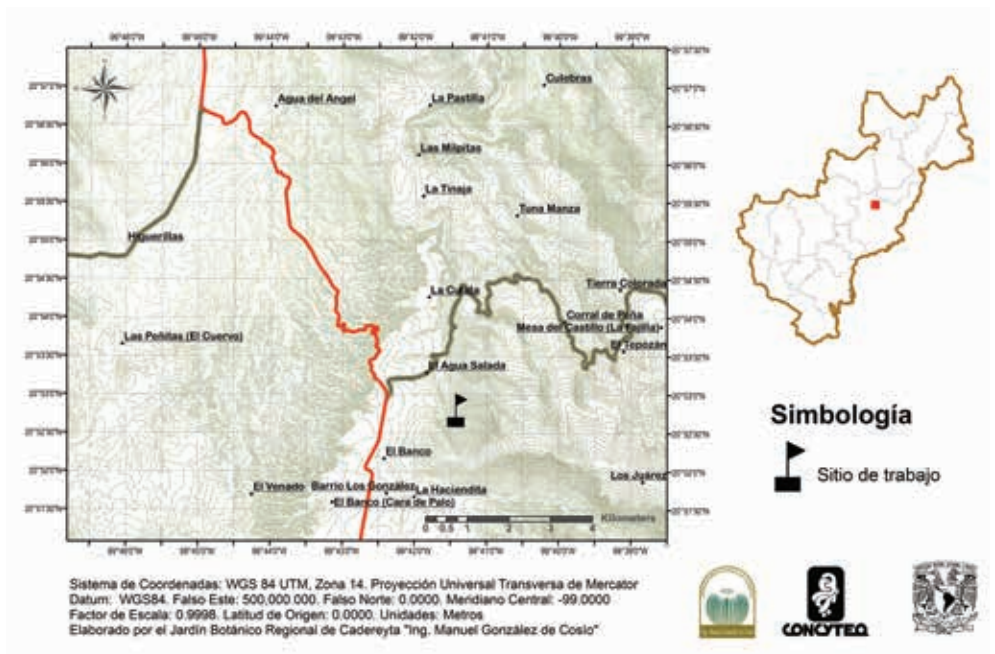


FIGURA 1. Mapa del sitio de estudio: “El Agua Salada” en Cadereyta de Montes, Querétaro.

cencias de seis plantas madres y en la segunda colecta, se tomaron frutos de la inflorescencia de una única planta madre que se encontraba disponible. Se tomó el escapo con ambas manos y se agitó con fuerza moderada, y se recogieron las semillas que se encontraban en el suelo.

Evaluación de la germinación y granivoría bajo nodrizas

En este experimento se eliminaron las brácteas a todas las semillas. El objetivo de este experimento fue determinar: a) si la presencia de nodriza y granivoría influyen en la germinación de las semillas de *D. acrotrichum* y b) si las nodrizas protegen de granivoría a las semillas. Se emplearon como unidades experimentales contenedores cónicos de celulosa, rellenos con un sustrato estéril de tierra negra con tepojal en proporción 1:1. En cada contenedor se colocaron 4 semillas superficialmente y se realizaron 50 repeticiones por tratamiento, dando un total de 200 contenedores cónicos de celulosa y $N=800$ semillas. Los tratamientos fueron: 1) Contenedores cónicos de celulosa con exclusión de granívoros y colocados bajo nodrizas; 2) Contenedores cónicos de celulosa sin exclusión de granívoros y colocados bajo nodrizas; 3) Contenedores cónicos de celulosa con exclusión de granívoros y sin nodrizas; 4) Contenedores cónicos de celulosa sin exclusión de granívoros y sin nodrizas.

Se colocó una pieza de malla de tul blanco sobre aquellas unidades experimentales con exclusión de granívoros, cubriendo a las semillas de depredación. Esto permitió que fungieran como control, ya que la respuesta de semillas consumidas en estas unidades experimentales fue 0. Se trazaron dos transectos de 60 m cada uno y aproximadamente cada 5 m se colocaron las unidades experimentales bajo las nodrizas que se encontraban sobre el mismo (Foto 4). Los contenedores cónicos sin nodriza fueron

situados próximos a los colocados bajo nodriza, en sitios abiertos.

Entre noviembre 2015 y 2016, el experimento fue revisado mensualmente. Se observó remoción frecuente de las semillas durante los primeros meses de muestreo, por lo que a partir del tercer mes se repusieron las semillas que se observaron que faltaban en las unidades experimentales sin exclusión de granívoros en cada mes.

Se realizó un Modelo Lineal Generalizado (GLM) de distribución binomial, *logit*, en el software JMP versión 10 con el fin de evaluar la proporción de germinación que ocurrió exclusivamente en aquellas unidades experimentales que se encontraban bajo nodrizas (con y sin exclusión) debido a que la germinación sólo ocurrió en estos sitios, y adicionalmente se obtuvo la proporción de germinación media por tratamiento.

Posteriormente, se realizó un segundo GLM de distribución Poisson, *log*, con un valor de significancia de 0.95 en el mismo software para evaluar la granivoría en aquellas unidades experimentales bajo el factor nodriza (con y sin), y sin exclusión de herbívoros. Se obtuvo también el promedio del número de semillas depredadas en estos tratamientos (Infante & Zárate de Lara 1991). No se evaluó la interacción entre ambos factores debido a que la granivoría en las unidades con nodriza y con exclusión de herbívoros fue nula, ocurriendo lo mismo con la germinación en las unidades que se encontraban sin nodriza.

Influencia de las brácteas sobre la germinación

Con el fin de determinar cómo influyen las brácteas que forman la cápsula trialada de las semillas de *D. acrotrichum* sobre la germinación, se realizó un experimento cuyo factor fue la escarificación, esto es la eliminación de las brácteas y se evaluó

a dos niveles: con y sin escarificación. Funcionaron como unidades experimentales charolas de PET de 15×13×8 cm aproximadamente, con un sustrato estéril hecho de tierra negra y tepojal en concentraciones 1:1. Se realizaron dos tratamientos: semillas con brácteas y semillas sin brácteas, con cuatro repeticiones por cada tratamiento. En cada charola se colocaron veinte semillas, dando un total de ochenta semillas por tratamiento.

El experimento se llevó a cabo una semana después de colectar los frutos, en octubre de 2016. Las semillas se enterraron aproximadamente a 1 cm de profundidad y separadas 2 cm entre sí y las charolas fueron colocadas en cámaras ambientales a 25 °C, con un fotoperiodo de 12h/12h. Se revisaron los experimentos cada 3 días durante 25 días, y se irrigan tres veces por semana a capacidad de campo. Se realizó una prueba de *t* para muestras independientes por variables en el software STATISTICA versión 8, con un valor de significancia de 0.95 (Infante & Zárate de Lara 1991).

Propuesta de reintroducción de *Dasyliion acrotrichum*

Con el fin de brindar recomendaciones sobre la reintroducción de *D. acrotrichum* se prosiguió a indicar la temporada en donde se presenta mayor precipitación y humedad relativa media, para lo que se descargaron los datos de temperatura media (°C), humedad relativa media (%) y precipitación pluvial media mensual (Pmm) de 2015 y 2016 del sitio web de la Estación Meteorológica Tolimán (<https://www.wunderground.com/personal-weather-station/dashboard?Id=Iquereta46>), la cual se encuentra en las coordenadas 20° 54' 21.66"N y 99° 55' 58.8"O a 1 566 m snm. Posteriormente, se obtuvieron los promedios y desviaciones estándar de todos los meses del año de 2015 y 2016 de las variables ambientales antes mencionadas.

Resultados

Evaluación de la germinación y granivoría bajo nodriza

Existen diferencias significativas en la germinación entre los tratamientos con nodriza y con exclusión de granívoros ($\chi^2=23.38, p=<0.0001, gl=1$). Sin embargo la proporción de germinación fue muy baja. No se incluyeron los tratamientos sin nodriza debido a que la germinación en estos sitios no ocurrió. En los tratamientos con nodriza y exclusión de granívoros la germinación fue mayor (0.03 ± 0.016 proporción de germinación) que los tratamientos sin exclusión de granívoros (0.0005 ± 0.005 proporción de germinación).

En los tratamientos que evaluaron la granivoría, se encontraron diferencias significativas en la depredación de semillas sin nodriza ($\chi^2=30.91, p<0.001, gl=1$). La media de las semillas depredadas en sitios sin nodriza (27.26 ± 0.85) fue mayor que la media de semillas depredadas con nodriza (21.76 ± 0.994), lo que indica que la presencia de nodrizas es un factor que disminuye la granivoría.

Influencia de las brácteas sobre la germinación

No se encontraron diferencias significativas en la germinación entre los tratamientos sin brácteas y con brácteas ($t=-0.68, gl=10, p=0.50$). De las 80 semillas disponibles para cada tratamiento, germinaron 65 ± 0.23 % de las semillas con brácteas y 76.25 ± 0.27 % de las semillas sin brácteas (Fig. 2).

Propuesta de reintroducción de *D. acrotrichum*

La temperatura media promedio y su desviación estándar durante 2015-2016 fue de

Tania Fernández



FOTO 4. Experimento *in situ*. Se aprecian las unidades experimentales bajo arbustos nodriza en el sitio de estudio.

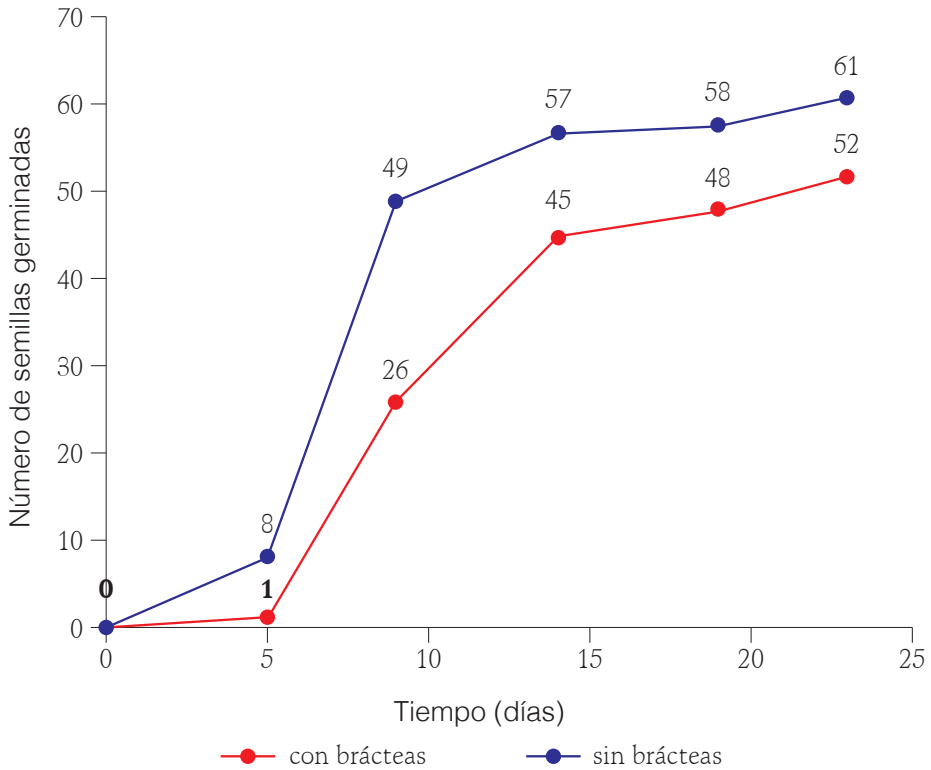


FIGURA 2. Curva de germinación de las semillas *Dasyliroium acrotrichum* con y sin brácteas.

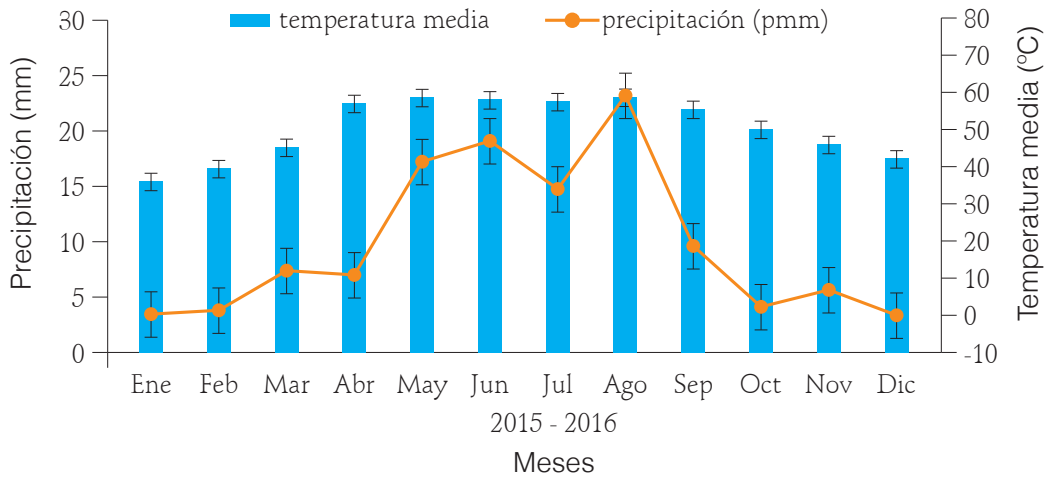


FIGURA 3. Climograma mensual promedio de 2015-2016 de la Estación Meteorológica Tolimán. Se muestran los promedios mensuales de temperatura (°C) y de precipitación pluvial media mensual (mm).

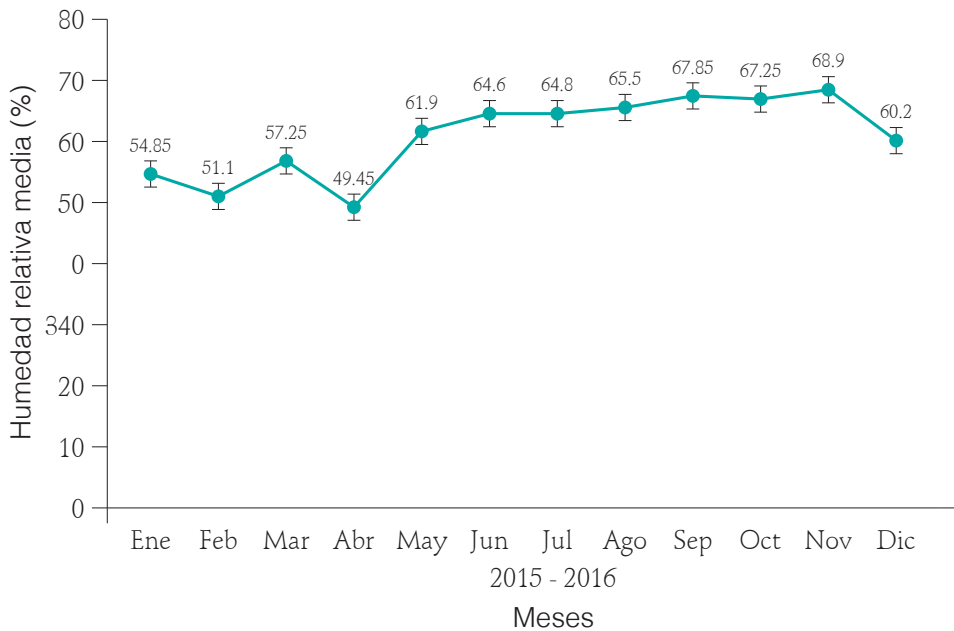


FIGURA 4. Comportamiento del promedio de la Humedad Relativa Media (%) de 2015-2016 de la Estación Meteorológica Tolimán.

20.55 ± 2.83 °C. En la figura 3 se muestra que la temperatura más fría ocurrió en enero (15.6 ± 0.28 °C), en mayo la más cálida (23.4 ± 2.26 °C), el mes más seco fue diciembre (0.25 ± 0.35 mm), finalmente el mes más lluvioso fue agosto (60.7 ± 59.25 mm). En la figura 4, el comportamiento de la Humedad Relativa Media (%), muestra que en mayo se presentó el mayor promedio (68.9 ± 0.02 %) y en abril el menor promedio (49.45 ± 6.01 %). Por lo anterior, los meses adecuados para realizar la reintroducción del sotol son mayo, junio, julio y agosto.

Discusión

Evaluación de la germinación y granivoría bajo nodriza

Se presentaron diferencias significativas en la germinación en aquellas unidades experimentales que se encontraban bajo nodriza y con exclusión de granívoros; en estas unidades experimentales se presentó un 0.03 de proporción de germinación media y un 0.0005 en unidades experimentales sin exclusión. Esto indica que la nodriza y la exclusión de granívoros son factores que influyen en la germinación *in situ* de *D. acrotrichum*; ambos factores probablemente aumentaron la germinación al disminuir la presión por granivoría (Niering *et al.* 1963; McAuliffe 1984; Valiente-Banuet & Ezcurra 1991; Drezner & Garrity 2003; Zúñiga *et al.* 2005; Drezner 2006).

A pesar de presentarse diferencias significativas entre los tratamientos con nodriza y exclusión de granívoros, la germinación de *D. acrotrichum* ocurrió en muy baja proporción. Esto ocurrió debido a que el embrión no encontró suficiente humedad en el sustrato durante un periodo prolon-

gado (Doneen & McGillibery 1943; Collis & Sands 1959, 1962; Collis & Hector 1966; Dasberg 1971; Williams & Shaykewich 1971), por lo que para que ocurra la germinación en una mayor proporción, el potencial hídrico deberá presentar valores muy altos (Márquez-Guzmán *et al.* 2012). Las cohortes de semillas usadas en estos experimentos fueron probadas en condiciones controladas y germinan cerca del 100% (Morales 2018).

Probablemente durante los meses en los que se presentaron los menores promedios de temperatura, humedad relativa y precipitación (Figs. 3 y 4) los embriones colocados sufrieron de enfriamiento o de desecamiento, ya que generalmente las bajas temperaturas inhiben la germinación (Sierra *et al.* 2008).

Se reportan bajos porcentajes en la categoría de plántula en el mismo género, como es el caso de *D. acrotrichum* en El Agua Salada, Cadereyta de Montes, cuya categoría de tamaño de 1 a 20 cm es la que presenta menos individuos de la población (Morales 2018); así como *D. cedrosanum* Trel, la cual tiene una germinación promedio de 10 plántulas por cada planta madre al esparcirse las semillas alrededor de ella (Ortega s.f.).

Lo anterior ocurre porque bajo condiciones *in situ*, las plantas perennes desérticas como el sotol presentan germinación y reclutamiento de nuevos individuos únicamente en años con lluvia extraordinaria. De esta manera, la germinación y reclutamiento que presentan plantas de zonas áridas son estadíos altamente vulnerables (Noy-Meir 1973; Martínez-Ramos *et al.* 2016).

Las semillas germinadas en este experimento lo hicieron en los tratamientos bajo nodrizas con exclusión de granívoros, lo

que indica una preferencia por estos sitios. Esto concuerda con diversos estudios que mencionan que la germinación de semillas de plantas de zonas áridas como cactáceas y suculentas ocurre en sitios con sombra, donde la evaporación es menor, hay mayor humedad en el suelo, menor exposición a la radiación solar y más nutrientes (Nobel 1984; Valiente-Banuet & Ezcurra 1991; Flores & Jurado 2003).

Además, la granivoría difirió significativamente y fue mayor en los sitios sin nodriza (27.26 ± 6.07) que en aquellos con nodriza. La actividad de los granívoros pudo haber llevado a que no se haya presentado germinación en los sitios sin nodriza, ya que estudios indican que los granívoros afectan en este proceso y en la dinámica de la población (Reichman 1979; Inouye *et al.* 1980; Crawley 1989), de tal forma, que esto permite visualizar la importancia que tienen las nodrizas para la protección ante la depredación y germinación.

A pesar del establecimiento bajo los arbustos nodriza, después de 3 meses aproximadamente, las plántulas no sobrevivieron, por lo que pudo haber influido que los arbustos nodriza no presentaron hojas en la copa todo el tiempo de muestreo, por lo que no se captó la suficiente humedad por su parte aérea (Pressland 1976; Nulsen *et al.* 1986; Mauchamp & Janeau 1993; Martínez-Meza & Whitford 1996), ni se acumuló suficiente humedad bajo sus doseles (Steenberg & Lowe 1977), a un grado que permitiese la germinación. Finalmente, otro factor que pudo haber influido en la germinación, fue el pisoteo que mostraron las unidades experimentales por el ganado que forrajea en el sitio de estudio.

En cuanto a la granivoría, se encontraron diferencias significativas en los trata-

mientos sin nodriza. Además, la media de semillas depredadas sin nodriza fue mayor que la media de semillas depredadas con nodriza, aunque la diferencia fue muy poca, las nodrizas del sitio de estudio disminuyeron la intensidad de granivoría de las semillas de *D. acrotrichum*.

Estudios previos señalan que algunas plantas suculentas prefieren establecerse bajo plantas nodrizas debido a la sombra y protección contra pequeños o grandes herbívoros que éstas brindan (Turner *et al.* 1966; McAuliffe 1984, 1986, 1988; Valiente-Banuet & Ezcurra 1991; Cody 1993; Mandujano *et al.* 1998; Ibáñez & Schupp 2001; Rebollo *et al.* 2002; Flores & Jurado 2003).

Es probable que sus principales granívoros sean hormigas o conejos (Valiente-Banuet & Ezcurra 1991); en el estado de Querétaro se describen 13 especies de hormigas (Vásquez-Bolaños 2011), entre ellas se encuentra especies del género *Pheidole* spp., el cual pertenece al gremio de las hormigas granívoras (Ríos-Casanova *et al.* 2004). La continua evaluación de esta interacción es importante, ya que las hormigas granívoras pueden estar estructurando a las comunidades vegetales debido a que son un componente faunístico importante de las zonas áridas y semiáridas del país (Inouye *et al.* 1980; MacKay 1991; Polis 1991).

En fase de plántula el sotol es también consumido por algunos roedores, conejos y liebres, de tal manera que el establecimiento del sotol presenta dificultades (Palma 2000), por lo que resulta muy importante la protección de granívoros en el establecimiento de plántulas (Flores & Jurado 2003).

A pesar de que la germinación ocurrió en muy baja proporción, el estudio nos permite inferir que para que la germinación ocurra, las semillas deberán sobrevivir a la

depredación, a la aridez, al enterramiento por el paso del ganado (Steenbergh & Lowe 1977). De tal forma que si se busca que ocurra la regeneración de las masas forestales de esta especie, se deberá de modificar las condiciones que faciliten la germinación y el crecimiento de las plantas de poblaciones sujetas a sobreexplotación.

De no hacer lo anterior, aquellas poblaciones con una proporción alta de individuos seniles y una baja proporción de individuos reproductivos o de plántulas, potencialmente pueden decrecer y desaparecer (Elzinga *et al.* 2001; Godínez-Álvarez *et al.* 2008).

Influencia de las brácteas sobre la germinación

No hubo diferencias significativas en la germinación de semillas con y sin brácteas, la emisión de la radícula se inició a partir del quinto día alcanzando su máximo porcentaje en el vigésimo tercer día después de la siembra. Otros estudios indican que la germinación puede iniciar a partir del sexto día (Morales 2018), o hasta el décimo quinto día (Sánchez *et al.* 2011).

Diversos autores han reportado varios hallazgos en torno al hecho de eliminar las brácteas de *Dasyllirion* spp., antes de efectuar su germinación. En el estudio de Sánchez *et al.* (2011), se muestran porcentajes altos de germinación al eliminar las brácteas y sin tratamientos pregerminativos en *D. acrotrichum*, obteniendo una germinación promedio de 65%.

Por otro lado, los resultados de experimentos de germinación en laboratorio de Sierra *et al.* (2004) de semillas de *D. leiophyllum* de 13 procedencias con un periodo de postcosecha entre 4 y 7 meses muestran diferencias al emplear semillas con y sin

brácteas; la semilla con bráctea muestra una media inferior al 3% mientras que la semilla sin brácteas presenta una media de 95.8%.

En la figura 2, se puede observar que las semillas sin brácteas empezaron a germinar antes de aquellas que presentaban brácteas porque éstas suponen un obstáculo entre la testa y la humedad del sustrato (Hadas & Russo 1974; Márquez-Guzmán *et al.* 2012). Probablemente, el pericarpio alado que recubre la semilla de *Dasyllirion* participe en el mecanismo de latencia y forme parte de una estrategia de supervivencia de la semilla del sotol (Vega *et al.* 2012) ante posibles ataques de patógenos y depredadores.

Calderón-Gómez (2004) indica que las semillas de *D. cedrosanum* presentan una testa dura que hace más difícil la imbibición y por consiguiente presenta una baja tasa de germinación, y si bien la testa de *Dasyllirion* spp. se puede caracterizar como dura al tacto, esto no quiere decir que sea impermeable al agua o que presente algún tipo de latencia física (Baskin & Baskin 2001), como se ha mostrado en este estudio al obtener porcentajes medianamente altos de germinación con y sin brácteas.

En el estudio de Sierra *et al.* (2004) se realizaron colectas de semilla de *D. leiophyllum* y *D. wheeleri* en 13 localidades de Chihuahua y se indican diferencias significativas en la procedencia, indicando que la procedencia de las semillas influye en la germinación. Hasta el momento se han evaluado diferentes sustratos para el desarrollo de plántulas de sotol y no se han encontrado diferencias significativas entre éstos (Cruz 2002). Por lo anterior, la variedad de resultados en la propagación del sotol pueden estar determinados por diversos factores: el estado de madurez del embrión, la eliminación o no de brácteas, el tiempo que pasó para realizar

los experimentos después de la cosecha de las semillas, y la procedencia de las mismas.

La eliminación de las brácteas permite que el porcentaje de germinación sea uniforme ya que se eliminan semillas vacías (Sierra *et al.* 2004) o posiblemente enfermas. Sin embargo, debido a que no se muestran diferencias significativas entre los tratamientos, se recomienda que para fines de propagación en invernadero, no se eliminen las brácteas de la semilla, se entierran ligeramente y se realice la propagación inmediatamente después de la cosecha.

En el mes de octubre de 2016 se cosecharon las semillas para este experimento y una semana después se realizó, y al obtener el 65 y 76.25% se infiere que no se lograron alcanzar los porcentajes restantes debido a factores internos, tales como podría ser la maduración del embrión. En el estudio de Morales (2018) se concluyó que las semillas son fotoblásticas indiferentes; por esta razón se presentaron altos porcentajes de germinación de las semillas estando enterradas.

Hay factores que podrían incidir en la germinación en laboratorio e *in situ* de *D. acrotrichum* y del género, pero aún no son claros, como puede ser el efecto de la floración, fructificación, y la variación de ésta entre años y regiones (Morales *et al.* 2004; Sierra *et al.* 2008). Así también la maduración del embrión, ya que estos factores podrían estar influyendo en el momento en el que el embrión decide emerger y si en algún momento la semilla entra en latencia.

Propuesta de reintroducción de *Dasyilirion acrotrichum*.

El clima del sitio de estudio es semiseco templado con lluvias en verano y la temperatura media anual es de 17 °C (Rzedowski

1978) y muestra siete meses con niveles muy bajos de precipitación. Por lo anterior, se recomienda que las reintroducciones se realicen durante el verano, de mayo a agosto. En estos meses se presentaron los mayores valores de precipitación pluvial (Fig. 3) y también se presentaron valores altos de humedad relativa media (Fig. 4).

Los meses en los que se recomienda realizar la reintroducción de individuos son aquellos en los que se reporta un mayor porcentaje de humedad relativa y más mm de precipitación, de tal forma que durante este periodo los individuos reintroducidos aprovechen al máximo las condiciones favorables, ya que en las regiones áridas la disponibilidad de la humedad es deficiente, sea en forma de precipitación o como humedad atmosférica (González 2012).

El propósito de las reintroducciones es establecer nuevas poblaciones o aumentarlas para aumentar la supervivencia de las especies (Pavlik 1996; Van Groenendae *et al.* 1998; Luijten *et al.* 2002), por lo que resulta ser una medida necesaria para conservar especies amenazadas (Akeroyd & Wyse-Jackson 1995).

De acuerdo al estudio de Godefroid *et al.* (2011), la variación en el éxito de la reintroducción se ve explicada por el lugar de donde viene el material vegetal (poblaciones mixtas; 21%), remover plantas de alrededor (16%) y si el sitio presenta protección (12%), sin embargo, no se menciona que el éxito de las reintroducciones esté relacionado con las condiciones climáticas que se presentaron en ese momento, a pesar de que influyen sobre la comunidad vegetal lo cual se refleja en la abundancia, productividad y fenología de las especies (Goodall *et al.* 1981).

Potting & Bakkes (2004) estiman que para 2050, las áreas silvestres desérticas

registradas a nivel global presentarán menor biodiversidad, y no será posible el desarrollo. Ante este panorama, las zonas áridas y semiáridas de México están sujetas a las mismas amenazas que el resto de las áreas del mundo con la desventaja de que su biodiversidad y sus procesos ecosistémicos están pobremente estudiados a escala nacional, o simplemente se desconocen para algunas regiones del país (Arriaga 2009).

Es importante asistir el reclutamiento de individuos de especies aprovechadas y en peligro de desaparecer tempranamente, por lo que de este estudio se desprendieron las siguientes recomendaciones; la primera es realizar reintroducción de semillas protegiéndolas de granivoría y bajo nodrizas, y colocarlas en sitios donde no estén propensas al paso del ganado. La segunda es realizar la reintroducción de individuos jóvenes en los meses que anteriormente se mencionan. Finalmente, si se pretende propagar en invernadero a *D. acrotrichum*, utilizar las semillas con brácteas.

Aún se desconocen muchos factores que inciden en el establecimiento de especies consideradas como productos forestales no maderables provenientes de las regiones áridas de México, por lo que este tipo de investigaciones resultan necesarias para plantear estrategias de conservación integrales a largo plazo, debido al uso intensivo que reciben las comunidades vegetales.

Agradecimientos

Agradecemos al Instituto de Ecología de la UNAM, al Jardín Botánico Regional de Cd. Cuernavaca y al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro por el apoyo intelectual y económico que brindaron para que este proyecto se llevara a cabo. Agradecemos también a la

Dra. Mariana Rojas por el apoyo logístico y a los revisores anónimos de este artículo, los cuales aportaron a la calidad de este trabajo.

Literatura citada

- Akeroyd J & Wyse-Jackson P. 1995. *A Handbook for Botanic Gardens on the reintroduction of Plants to the Wild*. Botanic Gardens Conservation International. Richmond, Surrey, UK.
- Arreguín M, Cabrera R, Fernández R, Orozco C, Rodríguez B & Yepez M. 1997. *Introducción a la Flora del Estado de Querétaro*. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro. Instituto Politécnico Nacional, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Arriaga L. 2009. Implicaciones del cambio de uso de suelo en la biodiversidad de los matorrales xerófilos: Un enfoque multiescalar. *Investigación ambiental Ciencia y política pública* **1**:6-16.
- Baskin C & Baskin M. 2001. *Seeds, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press. California, USA.
- Bogler J. 1994. Taxonomía y filogenia de *Dasylirion* (Nolinaceae). Tesis de doctorado. Universidad de Texas. Austin, Texas.
- Bravo O & Fortanelli M. 2004. Religiosidad e identidad en una comunidad de pequeños horticultores del altiplano potosino. *Cuicuilco* **11**:43-72.
- Calderón-Gómez E. 2004. Rompimiento de latencia en semillas de sotol (*Dasylirion cedrosanum* Trel) mediante escarificación física y química. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Coahuila, México.
- Cano A. 2006. Informe del proyecto CONAFOR-CONACYT C03-10376 "Desarrollo tecnológico para el manejo sustentable del sotol (*Dasylirion cedrosanum* Trel.) en el estado de Coahuila. Documento inédito.

- Cano A & Martínez O. 2007. Determinación de áreas potenciales para el establecimiento de plantaciones de sotol (*Dasyliirion cedrosanum* Trel.) en el estado de Coahuila. *INIFAP*. Coahuila, México.
- Castillo A. 2000. *Persistencia histórico-cultural: San Miguel, Tolimán*. Universidad Autónoma de Querétaro. Instituto de investigaciones antropológicas.
- Cody M. 1993. Do Cholla Cacti (*Opuntia* spp., subgenus *Cylindropuntia*) use or need nurse plants in the Mojave Desert? *J Arid Environ* **24**:139-154.
- Collis G & Hector JB. 1966. Germination of seeds as influenced by matric potential and by area of contact between seed and soil water. *Aust J Soil Res* **4**:145-164.
- Collis G & Sands JE. 1959. The control of seed germination by moisture as physical property. *Aust J Agr Res* **10**:628-636.
- Collis G & Sands JE. 1962. Comparison of the effects of physical and chemical components of soil water energy on seed germination. *Aust J Agr Res* **13**:575-585.
- Corrales-Mendoza MC. 2011. Educación ambiental. El problema de extracción de especies vegetales endémicas. Tesis de licenciatura. Universidad Pedagógica Nacional. Morelos.
- Crawley MJ. 1989. Insect herbivores and plant population dynamics. *Annu Rev Entomol* **34**:531-562.
- Cruz R. 2002. Micropropagación del sotol (*Dasyliirion leiophyllum* Engelm ex Trelease): Paso de *in vitro* a *in vivo*. Tesis licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, UACH. Delicias, Chihuahua, México.
- Dasberg S. 1971. Soil water movement to germinating seeds. *J Exp Bot* **22**:999-1008.
- Díaz-Guillén F, Vergara V & González-Jácome A. 2015. Ra ñot'i xudi. La luz del mañana o educación ambiental. El caso de los otomíes del semidesierto. *Red de Gestión Regional del Agua, Gobierno, Ciudadanía y Sustentabilidad* 74-85.
- Doneen L & MacGillivray H. 1943. Germination (emergence) of vegetable seeds as affected by different soil moisture conditions. *Plant Physiol* **18**:524-529
- Drezner T & Garrity C. 2003. Saguaro distribution under nurse plants in Arizona's Sonoran Desert: directional and microclimate influences. *Prof Geog* **55**:505-512.
- Drezner T. 2006. Plant facilitation in extreme environments: the non-random distribution of saguaro cacti (*Carnegiea gigantea*) under their nurse associates and the relationship to nurse architecture. *J Arid Environ* **65**:46-61.
- Elzinga C, Salzer D, Willoughby J & Gibbs J. 2001. Monitoring plant and animal populations, páginas: 205-230. En: *Field techniques for measuring vegetation—USA*. Blackwell Science Inc. USA.
- Estación Meteorológica Tolimán, datos disponibles en: <<https://www.wunderground.com/personal-weather-station/dashboard?id=iquereta46>> 2 de marzo de 2017.
- Flores J & Jurado E. 2003. Are nurse-protégé interactions more common among plants from arid environments? *J Veg Sci* **14**:911-916.
- Franco A & Nobel P. 1989. Effect of nurse plants on the microhabitat and growth of cacti. *J Ecol* **77**:870-886.
- Galván R. 2001. Nolinaceae. En: Calderón de Rzedowski G & Rzedowski J. (eds). *Flora fanerogámica del Valle de México*, páginas 1239-1240, Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, México.
- Gobierno del Estado de Querétaro. 2009a. Inventario Estatal Forestal y de Suelos.
- Gobierno del Estado de Querétaro. 2009b. Programa de Ordenamiento Territorial del Estado.

- Godefroid S, Piazza C, Rossi G, Buord S, Stevens AD, Aguraiuja R, Cowell C, Weekley C, Vogg G, Iriondo J, Dixon B, Gordon D, Magnanon S, Valentin B, Johnson I, Bjureke K, Vicens M, Virevaire M, Vanderborght T & Koopman R. 2011. How successful are plants species reintroductions? *Biol Conserv* **144**:672-682.
- Godínez-Alvarez Héctor, Jiménez M, Mendoza M, Pérez F, Roldán P, Ríos-Casanova L & Lira R. 2008. Densidad, estructura poblacional, reproducción y supervivencia de cuatro especies de plantas útiles en el Valle de Tehuacán, México. *Rev Mex Biodiv* **79**:393-403.
- González M. 2012. *Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación*. Vol 1. SEMARNAT. D.F. México.
- Goodall D, Perry R & Howes K. 1981. *Arid-land ecosystems: structure, functioning and management*. Vol 2. Cambridge University Press. Cambridge. UK.
- Hadas A & Russo D. 1974. Water uptake by seeds as affected by water stress, capillary conductivity and seed soil water contact. *Agron J* **66**:643-647.
- Haeckel I. 2008. The "Arco Floral": Ethnobotany of *Tillandsia* and *Dasyliirion* spp. in a Mexican Religious Adornment. *Econ Bot* **62**:90-95.
- Hernández Juárez A. 2008. Caracterización morfológica, anatómica e histológica del sotol (*Dasyliirion cedrosanum* Trel.). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Saltillo, Coahuila.
- Ibáñez I & Schupp E. 2001. Positive and negative interactions between environmental conditions affecting *Cercocarpus ledifolius* seedlings survival. *Oecologia* **129**:543-550
- Ibave F, Ibave J, López M & Díaz De La Garza I. 2001. Generación de tecnologías para la extracción de inulina y su estudio prospectivo de mercado, páginas: 177-179. En: *Memorias de Fondo Estatal Sivilla-Chihuahua*. SEP-CONACYT. Chihuahua, Chih. México.
- INEGI. 2006. Carta Edafológica (Serie II) E 1:250,000.
- Infante G & Zárate de Lara G. 1991. *Métodos estadísticos: un enfoque interdisciplinario*. Editorial Trillas.
- Inouye R, Byers G & Brown J. 1980. Effects of predation and competition on survivorship, fecundity, and community structure of desert annuals. *Ecology* **61**:1344-1351.
- Koeppen W. 1948. *Climatología: con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura Económica. D.F. México.
- Lastra de Suárez Y. 1971. Dos fiestas chichimecas. *Anales de Antropología*. Vol. 8.
- López-Gutiérrez BN. 2010. Etnobotánica de *Dasyliirion acrotriche* (Schiede) Zucc. (Nolinaceae), en áreas del centro y sur del Estado de Hidalgo, México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo.
- Luijten S, Kéry M, Oostermeijer J & Den Nijs H. 2002. Demographic consequences of inbreeding and outbreeding in *Arnica montana*: a field experiment. *J Ecol* **90**:593-603.
- MacKay W. 1991. The role of ants and termites in desert communities. *The ecology of desert communities* 113-150.
- Mandujano M, Montaña C, Méndez I & Golubov J. 1998. The relative contributions of sexual reproduction and clonal propagation in *Opuntia rastrera* from two habitats in the Chihuahuan Desert. *J Ecol* **86**:911-921.
- Márquez-Guzmán J, Collazo M, Martínez M, Orozco A & Vázquez S. 2012. *Biología de angiospermas*. Facultad de Ciencias, UNAM. D.F. México.
- Martínez M. 2013. *Ecología y usos de especies forestales de interés comercial de las zonas áridas de México*. Instituto de Investigaciones Forestales. Chihuahua. México.

- Martínez-Meza E & Whitford W. 1996. Stem-flow, throughfall and channelization of stemflow by roots in three Chihuahuan desert shrubs. *J Arid Environ* **32**:271-287.
- Martínez-Ramos M, Arroyo-Cosultchi G, Mandujano MC & Golubov J. 2016. Dinámica poblacional de *Mammillaria humboldtii* una cactácea endémica de Hidalgo, México. *Bot Sci* **94**:199-208.
- Martorell C & Ezcurra E. 2007. The narrow-leaf syndrome: a functional and evolutionary approach to the form of fog-harvesting rosette plants. *Oecol* **151**:61-573.
- Mata-Labrada F. 2007. The peculiar use of the leaves of *Dasyliirion acrotriche* (Schiede) Zucc., in Central Veracruz. *Int Cact Adv* **75**.
- Matthies D, Bräuer I, Maibom W & Tschardt T. 2004. Population size and the risk of local extinction: empirical evidence from rare plants. *Oikos* **105**:481-488.
- Mauchamp A & Janeau J. 1993. Water funneling by the crown of *Flourensia cernua*, a Chihuahuan Desert shrub. *J Arid Environ* **25**:299-306.
- McAuliffe J. 1984. Prey refugia and the distributions of two Sonoran Desert cacti. *Oecol* **65**:82-85.
- McAuliffe J. 1986. Herbivory-limited establishment of a Sonoran Desert tree: *Cercidium microphyllum*. *Ecology* **67**:276-280.
- McAuliffe 1988. Markovian dynamis of simple and complex desert plant communities. *Am Nat* **131**:459-490.
- Melgoza C & Sierra T. 2003. Contribución al conocimiento y distribución de las especies de *Dasyliirion* spp (sotol) en Chihuahua, México. *Rev Mex Cien For* **28**:25-40.
- Mendoza-García M. 2009. Rescatando La Cucharilla: *Dasyliirion acrotrichum* (Agavaceae). *Rev Jar Bot Nal* **30-31**:105.
- Morales N, Sierra T & Carrillo R. 2004. Características de la germinación en semilla de sotol. En: *Taxonomía, ordenación y análisis de la distribución espacial del sotol (Dasyliirion spp.) en el estado de Chihuahua*. Informe final de proyecto PRECI3279. Campo Experimental La Campana. CIRNOC-INIFAP. Chihuahua, Chih, México.
- Morales B. 2018 (En proceso). Estudio del efecto de la cosecha en poblaciones de *Dasyliirion acrotrichum* (Schiede) Zucc, usada como ornamental en San Miguel Tolimán, Querétaro. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. Ciudad de México.
- Niering WA, Whittaker RH & Lowe CH. 1963. The saguaro: a population in relation to environment. *Science* **142**:15-23.
- Nobel P. 1980. Morphology, nurse plants and minimum apical temperatures for young *Carnegiea gigantea*. *Bot Gaz* **141**:188-191.
- Nobel P. 1984. Extreme temperatures and thermal tolerances for seedlings of desert succulents. *Oecol* **62**:310-317.
- Noy-Meir I. 1973. Desert ecosystems: environment and producers. *Ann Rev Ecol Syst* **4**:25-51.
- Nulsen R, Blight K, Baxter I, Solin E & Irie D. 1986. The fate of rainfall in a mallee and heath vegetated catchment in southern Western Australia. *Austr J Ecol* **11**:361-371.
- Ortega RV. s.f. Aspectos socioeconómicos y de comercialización del sotol, derivados de su explotación en la Comarca Lagunera. *Boletín informativo*. CIRNOC-INIFAP. Coahuila, México.
- Palma E. 2000. Bases para la micropropagación de sotol (*Dasyliirion* spp.) vía *in vitro* y por semilla. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México.
- Pavlik BM. 1996. Defining and measuring success. páginas: 127-155 En: Falk DA, Millar CI, Olwell M (ed.). *Restoring Diversity:*

- Strategies for the Reintroduction of Endangered Plants*. ISL Press. Washington, DC.
- Polis G. 1991. Desert communities: an overview of patterns and processes. *The ecology of desert communities* **456**:1-26.
- Potting J & Bakkes J. 2004. The GEO-3 Scenarios 2002-2032 Quantification and Analysis of Environmental Impacts. *GEO 2000 Alternative Policy Study for Europe and Central Asia*.
- Pressland A. 1976. Soil moisture redistribution as affected by throughfall and stemflow in an arid zone shrub community. *Austr J Bot* **24**:641-649.
- Rebollo S, Milchunas D, Noy-Meir I & Chapman P. 2002. The role of a spiny plant refuge in structuring grazed shortgrass steppe plant communities. *Oikos* **98**:53-64.
- Reichman OJ. 1979. Desert granivore foraging and its impact on seed densities and distributions. *Ecology* **60**:1085-1092.
- Reséndiz G. 1997. *Municipio de Tolimán*. Gobierno del Estado de Querétaro. Santiago de Querétaro, Querétaro.
- Ríos-Casanova L, Valiente-Banuet A & Rico-Gray V. 2004. Las hormigas del Valle de Tehuacán (*Hymenoptera: Formicidae*): una comparación con otras zonas áridas de México. *Act Zool Mex* **20**:37-54.
- Robles-Esparza A, España-Montoya JL & Robles-Berumen H. 2008. Biomasa y forraje, distribución espacial y abundancia de la planta de sotol (*Dasyllirion* spp.) En el ejido el Jazmín, Mazapil, Zacatecas, México. *Rev Invest Cient* **4**:1-9.
- Rozzi R, Primack R, Feinsinger P, Dirzo R & Massardo F. 2001. ¿Qué es la biología de la conservación. Fundamentos de conservación biológica. *Perspectivas latinoamericanas* 35-43.
- Rzedowski GC de & Rzedowski G. 2001. *Flora fanerogámica del Valle de México*. Instituto de Ecología, A. C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Rzedowski J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa, S.A.
- Rzedowski J. 2006. *Vegetación de México. 1a. Edición digital*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Sánchez E, Hernández J, Hernández M, Maruri B, Torres L & Chávez R. 2011. *Técnicas para la propagación de especies nativas clave para la forestación, la reforestación y la restauración en el municipio de Querétaro y su área de influencia*. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro. Querétaro. México.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación* 30-12-2010.
- SEMARNAT-CONAFOR. s. f. Catálogo de recursos forestales maderables y no maderables. Clima árido, tropical y templado. En: <http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/Catalogo_de_recursos_forestales_M_y_N.pdf>
- Serrato F & Díaz M. 1998. La cubierta vegetal en las regiones áridas y semiáridas: consecuencias de la interceptación de la lluvia en la protección del suelo y los recursos hídricos. *Norba* **10**:9-22.
- Sierra J, Royo M, Melgoza A, Morales C, Carrillo R, Pinedo C, Pinedo A & Lara C. 2004. Taxonomía, ordenación y análisis de la distribución espacial del sotol (*Dasyllirion* spp.) en el estado de Chihuahua. Informe técnico. INIFAP.
- Sierra J, Lara C, Carrillo R, Melgoza A, Morales C & Royo M. 2008. Los sotoles (*Dasyllirion*

- spp.) de Chihuahua. Informe de trabajo. INIFAP.
- Steenbergh W & Lowe C. 1977. *Ecology of the Saguaro: II, Reproduction, Germination, Establishment, Growth, and Survival of the Young Plant*. National Park Service Scientific Monograph Series 8, USA.
- Terrones T del R, Hernández MA, Ríos SA. 2006. Educación Ambiental en Traspacios agroforestales con Arbustivas Nativas: espacios para amortiguar la desertificación. INIFAP.
- Turner RM, Alcorn SM, Olin G & Booth JA. 1966. The influence of shade, soil and water on saguaro seedling establishment. *Bot Gaz* **127**:95-102.
- Valiente-Banuet A & Ezcurra E. 1991. Shade as a cause of the association between the cactus *Neobuxhamia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisiana* in the Tehuacan Valley, México. *J Ecol* **79**:961-971.
- Van-Groenendael J, Ouborg N & Hendriks R. 1998. Criteria for the introduction of plant species. *Acta Bot Neerl* **47**:3-13.
- Vásquez-Bolaños M. 2011. Lista de especies de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) para México. *Dugesiana* **18**:95-133.
- Vega-Cruz J, Melgoza-Castillo A & Sierra Tristán JS. 2006. Caracterización del crecimiento de dos especies (*Dasyliroium leiophyllum* Engelm. ex Trelease y *D. sereke* Bogler) fertilizadas con nitrógeno y fosforo. *Rev Cien For Mex* **31**:55-71.
- Williams J & Shaykewich C. 1971. Influence of soil water matric potential and hydraulic conductivity on the germination of rape-seed (*Brassica napus* L). *J Exp Bot* **22**:586-597.
- Zúñiga B, Malda G & Suzan H. 2005. Interacciones planta-nodriza en *Lophophora diffusa* (Cactaceae) en un Desierto Subtropical de México. *Biotropica* **37**:351-356.

Recibido: abril 2018; Aceptado: junio 2018.
Received: April 2018; Accepted: June 2018.



Sobre la germinación de la especie exótica invasora *Asphodelus fistulosus* L. (Xanthorrhoeaceae)

Guerrero-Eloisa Sandino¹* & Golubov Jordan¹*

Resumen

Las especies invasoras son consideradas un problema mundial. *Asphodelus fistulosus* ha sido reportada como exótica invasora en distintos países y en México se tiene el registro en 15 entidades. Se realizó un experimento de germinación con 350 semillas a 4, 8 y 12 meses de colecta. El resultado del porcentaje de germinación de las semillas fue del 62% en todas las siembras lo que sugiere que las semillas no pierden viabilidad con el tiempo y tienen el potencial de generar un banco de semillas al menos transitorio. La consecuencia ecológica de la alta viabilidad de las semillas es un aumento en la presión del propágulo dentro de bancos de semillas que incrementan el riesgo de la invasión.

Palabras clave: *Asphodelus fistulosus*, especie invasora, germinación, México, Miquihuana.

Abstract

Invasive species are considered as a global problem. *Asphodelus fistulosus* has been reported as an exotic invasive species in different countries and in Mexico it is found in 15 states. We performed a germination experiment over a 4, 8 and 12 months period with 350 seeds. Percent seed germination was around 62% for all time periods which suggests that seeds do not lose viability over time and have the potential of generating a transient seed bank. The ecological consequence of the high seed viability is an increase in propagule pressure within seed banks that increases the risk of invasion.

Key words: *Asphodelus fistulosus*, germination, invasive species, Mexico, Miquihuana.

Introducción

Las especies exóticas invasoras (EEI) son aquellas que han sido introducidas accidental o intencionalmente fuera de su distribución natural, con la capacidad de colonizar, invadir, persistir y producir descendencia en áreas diferentes al sitio de introducción original; amenazando a la diversidad biológica, causando daños al ambiente, a la

economía y a la salud humana [Convenio para la Diversidad Biológica (CBD) 2011]. En México las especies invasoras son la tercera causa de pérdida de biodiversidad (Sarukhán *et al.* 2009) y a su vez, son la principal causa de pérdida en ecosistemas insulares (Challenger & Dirzo 2009).

Una parte medular de una estrategia para el manejo de EEI son las evaluaciones de riesgo que involucran conocer la probabi-

¹Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Laboratorio de Taxonomía y Sistemática Vegetal. Calzada del Hueso 1100, Coyoacán, Villa Quietud, C.P. 04960. Ciudad de México.

*Autor de correspondencia: osge44@gmail.com, gfgjordan@correo.xoc.uam.mx



Sandino Guerrero-Eloisa

FOTO 1. *Asphodelus fistulosus*. A.-Vista de la planta completa en forma de macollo. B.- Flor color blanco. C.- Capsulas en diferente estado de desarrollo. D. Acercamiento de las semillas con microscopio estereoscópico, la semilla tiene una longitud de 0.3-0.5 mm.

lidad de que ocurra un evento de invasión y cuantificar el impacto que puede tener dicha invasión. Sin embargo, las evaluaciones de riesgo para EEI en muchos casos están limitadas a conocimiento básico de los atributos biológicos (Humair *et al.* 2014) y solo en los últimos años se han incorporado

nuevos sistemas de evaluación cuantitativos con modelos explícitos (Liu *et al.* 2011). La evaluación del riesgo para EEI por lo general contemplan características de similitud climática (*climate matching*), experiencia previa en otros países y opinión experta, efectos en diversos niveles de organización y atributos

CUADRO 1. Atributos de las semillas asociadas a características de especies invasoras descritas por Baker (1974).

Número	Atributo
1	Germina en una variedad de ambientes
2	Longevidad en la semilla
3	Producción continúa de semillas
4	Producción grande de semillas
5	Habilidad de dispersión a cortas y largas distancias

biológicos como la tasa de crecimiento, los tipos de reproducción, y características de los propágulos como latencia, mecanismos de dispersión y viabilidad (Pheloung *et al.* 1999; Blackburn *et al.* 2011).

Desde Baker (1974) se han propuesto varios atributos asociados a las semillas como características relevantes que tienen las EEI (Cuadro 1). Gioria & Pysek (2017) hacen un análisis de los atributos asociados a las semillas de las especies exóticas comparadas con especies nativas y encuentran que a diferencia de las nativas, las EEI tienen alta velocidad de germinación, requerimientos amplios de germinación y un incremento importante en el número de semillas producidas que potencialmente genera bancos de semillas. Los últimos dos atributos son esenciales ya que constituyen los elementos de la presión del propágulo (cantidad de propágulos que llegan por unidad de tiempo y número de eventos de introducción, Kolar & Lodge 2001; Lockwood *et al.* 2005).

En términos de la presión del propágulo además se necesita conocer los cambios en el banco de semillas de las comunidades invadidas para i) predecir el impacto a largo plazo de las especies invasoras sobre la vegetación ii) desarrollar estrategias sus-

tentables para controlar la propagación de especies invasoras y iii) evaluar el potencial de restauración después de una invasión biológica (Prior *et al.* 2018). El banco de semillas en plantas exóticas invasoras puede verse como una fuente de propágulos que aumentan la probabilidad de establecimiento y persistencia en una localidad (un componente de la presión del propágulo), además de darles ventajas competitivas sobre especies nativas si hay diferencias en el tiempo y duración de la germinación y por la ocupación de micrositios que limitaría el reclutamiento de especies. El objetivo de este trabajo fue determinar las tasas de germinación de *A. fistulosus* a través de una serie de tiempo para entender el componente de presión del propágulo latente como parte de las herramientas para evaluar el riesgo que tiene *A. fistulosus* para México.

Material y métodos

Asphodelus fistulosus L (Xanthorrhoeaceae) es una especie herbácea (Foto 1A), anual o perenne de corta duración con un tallo hueco de hasta 70 cm de altura. El sistema radical tiene tubérculos en la base del tallo. La planta tiene la forma de un mechón similar a las hojas de la cebolla (“onion-

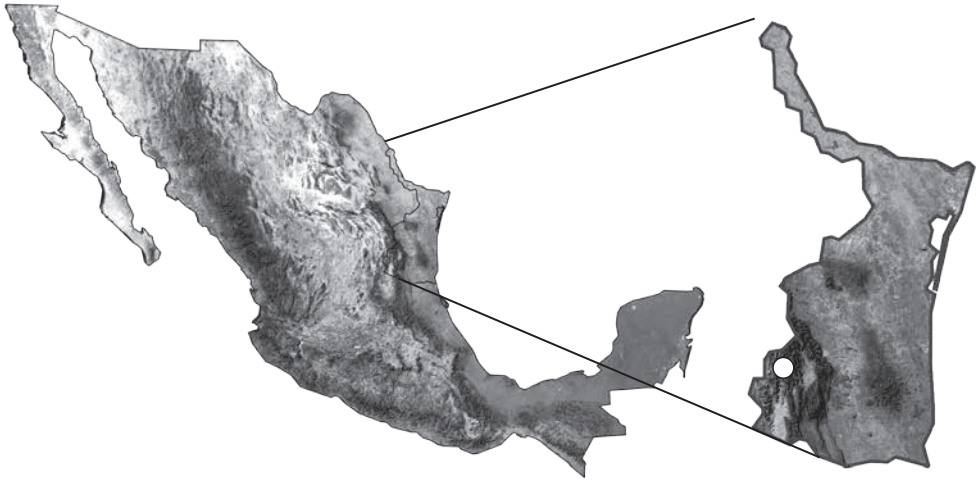


FIGURA 1. Ubicación geográfica del municipio de Miquihuana, Tamaulipas, México y del sitio de estudio ($23^{\circ} 30' 57.05''$ N, $99^{\circ} 38' 50.44''$ O).

weed” y lo hemos traducido como “cebollín”), redondeadas y huecas de hasta 30 cm de largo. El número de espigas producidas por individuo oscila entre 1 y 156, cada espiga puede presentar de 1 a 18 frutos y cada fruto contiene 6 semillas. Por lo tanto una planta madura de *A. fistulosus* es capaz de generar una cantidad mayor a 16,000 semillas anualmente (Guerrero-Eloisa 2017). Las hojas son lineares, hasta de 25 cm de longitud de color verde-azuladas, ligeramente glaucas y producen una inflorescencia de 15 a 50 cm de longitud. Las flores son anchamente campanuladas de color blanco o rosa muy pálido con seis tépalos con una clara franja longitudinal de color marrón-rojizo a morado que se cierran por la noche y en días nublados (Foto 1B). El fruto es una cápsula ovoide (Foto 1C) y las semillas son café-grisáceas (Rzedowski & Rzedowski 2005, USDA 2017) (Foto 1D).

La especie es originaria del Mediterráneo y se ha introducido a varios países. En México *A. fistulosus* se encuentra de manera abundante en zonas del norte y centro del país (Rzedowski & Rzedowski 2005). Martínez-Cruz & Téllez-Valdés (2004) mencionan que *A. fistulosus* se

desarrolla en forma masiva junto a otras especies en donde existe una mayor degradación de la capa arbórea, comportándose en la mayoría de los casos como invasora. Villaseñor & Espinosa-García (2004) mencionan su distribución dentro de 15 entidades de la República Mexicana y dentro de la zona del Bajío, Galván & Martínez (2006) la reporta entre los 1950 a los 2650 m snm.

Sitio de estudio

El estudio se realizó en el municipio de Miquihuana, Tamaulipas, México. Esta es parte del desierto Chihuahuense que comprende la Sierra Madre Oriental. Colinda al norte y al oeste con Nuevo León, al sur con los Municipios de Bustamante y Palmillas, y al este con el Municipio de Jaumave (INEGI, 2009) (Fig. 1). Hay diversos tipos de vegetación en Miquihuana, dado que es una zona con un gradiente altitudinal. Se reportan bosques aciculifolio (62.4%), matorral espinoso, matorral bajo espinoso (27%) y pastizal (2%); con 50 especies de cactáceas (18 especies únicas; Martínez-Avalos & Jurado 2005). En particular, la población de *A. fistulosus*



FOTO 2. Vista de la localidad en donde se recolectaron las semillas de *Asphodelus fistulosus* en Miquihuana, Tamaulipas, México.

se localizaba a orillas de las carreteras en el camino hacia el poblado de Miquihuana (Foto 2).

Germinación

Se colectaron semillas de diferentes individuos de una población de *A. fistulosus* en Miquihuana, Tamaulipas, México en 2014 (23° 30' 57.05" N, 99° 38' 50.44" O). Las semillas colectadas se mantuvieron a temperatura ambiente en condiciones de laboratorio en las instalaciones del Laboratorio de Sistemática y Ecología Vegetal, Depto. El Hombre y su Ambiente (CBS, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco). Para evaluar cómo cambia el éxito en la germinación con la edad y explorar la posibilidad de generación de un banco de semillas transitorio (> 1 año), se evaluó la capacidad germinativa en condiciones controladas de temperatura en cajas Petri con agar al 1%, en donde cada caja contenía 25 semillas (14 cajas,

$N=350$ semillas) en periodos de siembra 4, 8 y 12 meses (septiembre-2014, enero-2015 y mayo-2015). La germinación se siguió hasta que no se registrara germinación en tres días consecutivos y se consideró una semilla germinada con la aparición de la radícula. Las condiciones dentro de la cámara de germinación (Lab-Line) fueron de temperatura constante de 25 °C y un fotoperiodo 12:12 h. Para la siembra de 4 meses también se sembraron 150 semillas (10 cajas) cubiertas con doble capa de aluminio con el propósito de corroborar si las semillas requieren luz para la germinación. La proporción de semillas germinadas fue calculada para cada unidad experimental y se comparó la germinación entre los tratamientos de luz y edad en meses con un modelo lineal generalizado (GLM) con una función de enlace *logit* y un error binomial en la plataforma **R** 3.3.3 (R Development Core Team, 2017).

CUADRO 2.- Semillas germinadas y porcentajes de germinación obtenidos durante el experimento.

Mes	Semillas germinadas	% germinación (EE)
4 meses	219	62.57 (12.9)
8 meses	221	63.14 (12.8)
12 meses	220	62.90 (12.9)

Resultados

Germinación

Encontramos que la tasa de germinación de *A. fistulosus* fue de alrededor de 63%, la germinación fue similar en las distintas edades (4, 8, y 12 meses) de las semillas (62.57, 63.14 y 62.90%, respectivamente, Cuadro 2, $\chi^2=0.024$ gl=2, $P=0.98$) y las semillas empezaron a germinar a los dos días de ser sembradas. A partir del día 17 no se observó germinación alguna. También encontramos que *A. fistulosus* no requiere de luz para germinar (fotoblástica indiferente) y germina en la misma proporción que en los tratamientos con luz ($\chi^2=0.09213$, gl=1, $P=0.7615$).

Discusión

Uno de los componentes de las evaluaciones de riesgo se centra en la presión del propágulo. Por ejemplo, el sistema de evaluación australiano hace referencia a la cantidad de semillas producidas, su viabilidad y el potencial de generar bancos de semillas (Pheloung *et al.* 1999) y en particular la presencia de atributos invasivos (tasas de germinación, viabilidad a largo plazo, fotoblastismo negativo o indiferente) incrementan el riesgo de invasión de un taxón. En *A. fistulosus* encontramos que el

porcentaje de germinación no disminuyó con el tiempo, lo cual sugiere que durante el primer año de vida las semillas no pierden viabilidad bajo las condiciones establecidas. En otros estudios con *A. fistulosus*, se ha observado que a partir del año de edad mantiene la tasa de germinación por arriba del 60% y puede mantenerse por al menos 2 años (Guerrero-Eloisa 2017), lo que indica que mantienen su viabilidad por un periodo largo. La magnitud de la reproducción y longevidad ecológica de las semillas son sumamente relevantes en las especies exóticas invasoras (Gioria & Osborne 2010). Una longevidad mayor a un año representa la posibilidad de generar un banco de semillas transitorio o de largo plazo que complica cualquier forma de control (Gioria & Pysek 2017). En *A. fistulosus* el porcentaje de germinación de las semillas se mantiene constante con la edad, comportándose como un componente en la presión del propágulo y que tiene una ventaja competitiva ya que más de la mitad de las semillas mantienen su capacidad de germinar (al menos durante el primer año de edad). La característica de tener germinación bajo ausencia de luz hace que los propágulos de *A. fistulosus* además tengan un rango de tolerancia amplio para germinar en una variedad de ambientes lumínicos comparado con otras especies, confiriéndole una mayor ventaja sobre

especies con una mayor dependencia a la luz para germinar.

Agradecimientos

Al ejido y ejidatarios de Miquihuana por el apoyo y facilidades otorgadas, el financiamiento y apoyo logístico fue aportado por los proyectos GEF 00089333 "Enhancing National Capacities to manage Invasive Alien Species (IAS) by implementing the National Strategy on IAS" y GEF-CONABIO 473 de la Dra. María C. Mandujano del Instituto de Ecología, UNAM y Dr. Jordan Golubov de la UAM-Unidad Xochimilco. Dos revisores anónimos aportaron valiosos comentarios que ayudaron a mejorar sustancialmente el manuscrito.

Literatura Citada

- Angiosperm Phylogeny Group. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III, *Bot J Linn Soc* **161**:105–121.
- Arriaga L, Castellanos AE, Moreno E & Alarcón J. 2004. Potential ecological distribution of alien invasive species and risk assessment: a case study of buffel grass in arid regions of Mexico. *Conserv Biol* **18**:1504-1514.
- Baker HG. 1974. The evolution of weeds. *Ann Rev Ecol Evol S* **5**:1-24.
- Baskin CC & Baskin JM. 1998. *Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. Academic Press. San Diego, USA.
- Blackburn TM, Pysek P, Carlton JT, Duncan RP, Jarosik V, Wilson JR. & Richardson DM. 2011. A proposed unified framework for biological invasions. *Trends Ecol Evol* **6**:333-339.
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. 2010. *Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Challenger A & Dirzo R. 2009. "Factores de cambio y estado de la biodiversidad". En: *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*.
- Convenio para la diversidad biológica (CBD). 2011. <www.cbd.int>.
- Galván V & Martínez C. 2006. Acanthaceae. *Flora del Bajío y regiones adyacentes*. Fascículo 145. Instituto de Ecología-Centro Regional del Bajío. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán, México.
- García Sánchez EI, Guerrero-Eloisa OS., Hernández Hernández JA, Martínez Ramos M & Golubov J. 2011. *Germinación y sobrevivencia de plántulas de la planta exótica Leonotis nepetifolia (Lamiaceae)*. III Congreso Mexicano de Ecología, Boca del Río, Veracruz, México.
- Gioria M & Osborne B. 2010. Similarities in the impact of three large invasive plant species on oil seed bank communities. *Biol Invasions* **12**:1671-1683.
- Gioria M & Pysek P. 2017. Early bird catches the worm: germination as a critical step in plant invasion. *Biol Invasions* **19**:1055-1080
- Guerrero-Eloisa OS. 2017. Evaluación en el establecimiento y control mecánico de la especie exótica *Asphodelus fistulosus* (L.) en el municipio de Cadereyta, Querétaro. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.
- Humair F, Edwards P, Siegrist M & Kueffer C. 2014. Understanding misunderstandings in invasion science: why experts don't agree on common concepts and risk assessments. *NeoBiota* **20**:1-30

- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Municipio de Miquihuana, Tamaulipas. <<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/28/28026.pdf>>
- Kolar CS & Lodge DM. 2001. Progress in invasion biology: predicting invaders. *Trends Ecol Evol* **16**:199-204
- Liu S, Sheppard A, Kriticos D & Cook D. 2011. Incorporating uncertainty and social values in managing invasive alien species: a deliberative multi-criteria evaluation approach. *Biol Invasions* **13**:2323-2337.
- Lockwood JL, Cassey P & Blackburn T. 2005. The role of propagule pressure in explaining species invasions. *Trends Ecol Evol* **20**:223-228
- Martínez-Cruz J & Téllez-Valdés O. 2004. Listado florístico de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México. *B Soc Bot Mex* **74**:31-49.
- Perrault A & Muffet W. 2002. Turning off the tap: a strategy to address international aspects of invasive alien species. *Reciel* **11**:211-224.
- Pheloung PC, Williams PA & Halloy SR. 1999. A weed risk assessment model for use as a biosecurity tool evaluating plant introductions. *J Environ Manage* **57**:239-251
- Prior KM, Adams DC, Klepzig KD & Hulcr J. 2018. When does invasive species removal lead to ecological recovery? Implications for management success. *Biol Invasions* **20**:267-283
- Rzedowski GC & Rzedowski J. 2005. *Flora fanerogámica del Valle de México*. 2a. ed. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán.
- Sarukhán J, Koleff P, Carabias J, Soberón J, Dirzo R, Llorente-Bousquets J, Halffter G, González R, March I, Mohar A, Anta S & Maza J. 2009. Capital Natural de México, síntesis: conocimiento actual, valuación y perspectiva de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- United States Department of Agriculture USDA. "Asphodelus fistulosus". Natural Resources Conservation Service PLANTS Database. <<https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=ASFI2>>. Febrero 10, 2017.
- Villaseñor J & Espinosa-García F. 2004. The alien flowering plants of Mexico. *Div Distrib* **10**:113-123.

Recibido: febrero 2018; Aceptado: abril 2018.
Received: February 2018; Accepted: April 2018.



Aztekium ritteri (Boed.) Boed. 1929



Conocida como biznaga piedra viva. Es una planta globosa, de tallo simple o cespitoso, verde grisáceo, de 5 cm \times 3 cm. Tiene de 9-11 costillas con el margen romo y repliegues transversales. Presenta costillas secundarias. Las aréolas son contiguas y las más jóvenes presentan de 1-3 espinas efímeras, no pungentes y recurvadas. Las flores son infundibuliformes, de 1-1.2 cm de longitud y de 0.7-1.4 cm de diámetro, con segmentos exteriores del perianto blancos con tinte rosado y los interiores blancos, estambres escasos, con 4-5 lóbulos del estigma y el estilo sobresale de las anteras. El fruto mide *ca.* de 3 mm de longitud, es de color rosa claro y queda escondido dentro de la lana del ápice. Las semillas son piriformes, de 0.5 mm \times 0.7 mm, con testa negra gruesamente tuberculada. Es endémica del Desierto Chihuahuense, México, de distribución restringida al centro de Nuevo León. Crece sobre matorral xerófilo en acantilados de piedra caliza o yeso verticales o casi verticales, a 760 m snm, asociada con *Selaginella* sp. (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada 1991. *Las cactáceas de México*. Vol. II; Hunt *et al.* 2006. *The New Cactus Lexicon*; Hernández & Gómez-Hinostrosa 2011. *Mapping the cacti of Mexico*; Velasco *et al.* 2013. *Xerophilia* No. especial 2).

En las décadas de 1960 y 1970, fueron colectadas de su hábitat grandes cantidades de plantas. La gran demanda comercial y su distribución restringida fueron algunos de los criterios para incluirla en el Apéndice I de CITES. Actualmente la Lista Roja de la IUCN la cataloga como de “preocupación menor”, en la cual se menciona que recientemente se han encontrado y evaluado varias subpoblaciones abundantes, no severamente fragmentadas y que los sitios donde crece son en gran parte inaccesibles. Asimismo, en la 11ª reunión del Comité de Flora de la CITES, con la evaluación del taxón basado en criterios biológicos y comerciales se recomendó su transferencia al Apéndice II, en el cual se encuentra toda la familia Cactaceae. En México está protegida legalmente por la NOM-059-ECOL-2010 bajo la categoría de “amenazada”. La especie se reproduce en viveros (plantas y semillas) y se encuentra en el comercio nacional e internacional (Italia, Suecia, Reino Unido y Estados Unidos; Lüthy. 2001. Examen de los Apéndices de la CITES en nombre del Comité de Flora: Apéndice I-Cactaceae; Robbins. 2003. *Trade prickly*; IUCN Red List of Threatened species. 2018. <http://www.iucnredlist.org> (consultado en junio de 2018)).

López-Flores Donají

Lab. de Genética y Ecología. Instituto de Ecología, UNAM, Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, 04510 México, Ciudad de México.

Correo electrónico: dnj.e17@gmail.com