



## CALIDAD DE SEMILLA Y SOBREVIVENCIA DE PLÁNTULAS DE *Echinocactus platyacanthus* DE TRES REGIONES DE MÉXICO

### SEED QUALITY AND SEEDLINGS SURVIVAL OF *Echinocactus platyacanthus* FROM THREE REGIONS OF MEXICO

Adicruz Ruiz-Pérez<sup>1</sup>, Erasmo Vázquez-Díaz<sup>2</sup>,  
Ma. Carmen Ybarra-Moncada<sup>1</sup> y José R. García-Nava<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Posgrado en Botánica, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

\*Autor de correspondencia (garcianr@colpos.mx)

#### RESUMEN

*Echinocactus platyacanthus* es una especie endémica de México utilizada para elaborar dulce de acitrón, además se utiliza como forraje y ornamental. La Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 la considera en protección especial, por lo que es necesario propiciar su conservación. Al respecto, la propagación por semilla en invernadero o vivero de especímenes amenazados podría evitar la recolecta de individuos silvestres. El objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad de semilla, sobrevivencia y desarrollo de plántulas de *E. platyacanthus* de tres regiones del centro de México (Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Semidesierto Queretano y Altiplano Potosino) en dos sustratos en invernadero. Por cada sitio de recolecta se determinó el peso del fruto y el número de semillas por fruto; la calidad física de las semillas fue evaluada por el peso de 100 semillas y la calidad fisiológica por prueba de germinación. El desarrollo de las plántulas fue evaluado después del trasplante en dos sustratos (suelo de origen y sustrato comercial peat moss). Se registró el cambio en diámetro, altura y sobrevivencia durante 120 días. El mayor número de semillas en promedio ( $522 \pm EE 35$ ) se obtuvo de los frutos de un sitio del Semidesierto Queretano y del Altiplano Potosino; sin embargo, el sitio con el menor número de semillas por fruto obtuvo las semillas con el mayor peso. En la mayoría de los sitios de estudio la germinación fue exitosa, con valores de 74 a 100 % en 30 días, pero las semillas del Semidesierto Queretano sólo tuvieron 22 %. Esta baja germinación probablemente fue debida a un proceso de deterioro o latencia. Las plántulas crecieron mejor en el suelo de origen, ya que alcanzaron las dimensiones mayores y la sobrevivencia fue alta en la etapa final del experimento, comparados con lo obtenido en el sustrato comercial. Los resultados indican que las poblaciones de *E. platyacanthus* con la mayor calidad de semilla se encuentran en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán y en el Altiplano Potosino.

**Palabras clave:** *Echinocactus platyacanthus*, acitrón, calidad física y fisiológica, conservación, germinación, protección especial.

#### SUMMARY

*Echinocactus platyacanthus* is an endemic specie of Mexico used to cook a cactus candy called acitron, it is also used as fodder and ornamental. The Official Mexican Standard NOM-059-SEMARNAT-2010 considers it under special protection; thus, it is necessary to promote its conservation. In this regard, the propagation by seed into a greenhouse or nursery of threatened specimens could prevent the collection of wild individuals. The objective of this research was to evaluate the seed quality, survival and development of

*E. platyacanthus* seedlings from three regions of central Mexico (Tehuacán-Cuicatlán Valley, Queretaro Semi-desert and Potosi Highland) in two substrates into a greenhouse. For each collection site the fruit weigh and the number of seeds per fruit were determined, the physical quality of the seeds was evaluated through the weight of 100 seeds, and the physiological quality through germination test. The development of seedlings was evaluated after transplantation in two substrates (soil of origin and commercial substrate peat moss). The change in diameter, height and survival were measured for 120 days. The highest seed number on average ( $522 \pm EE 35$ ) was that of the fruits from a site of the Queretaro Semi-desert and the Potosi Highland; however, the site with the least number of seed per fruit obtained the seeds with the highest weight. In most of the study sites germination was successful with values of 74 to 100% in 30 days, but seeds from the Queretaro Semi-desert only had 22 %. This poor germination was probably due to seed deterioration or dormancy. Seedlings grew better in the soil of origin, as they reached the largest dimensions and presented high survival at the final stage of the experiment compared to that obtained in the commercial substrate. Results indicate that the populations of *E. platyacanthus* with the highest seed quality are found in the Tehuacán-Cuicatlán Valley and in the Potosi Highland.

**Index words:** *Echinocactus platyacanthus*, acitron, conservation, germination, physical and physiological quality, special protection.

#### INTRODUCCIÓN

La calidad de semilla involucra el estudio de las características que determinan su valor para la siembra, y van desde las genéticas, físicas y sanitarias hasta las fisiológicas (Basra, 1995), por ello resulta fundamental estudiar aspectos relacionados con la reproducción sexual de plantas de interés agroindustrial, de las que se ha reconocido su potencial ornamental y de las que enfrentan algún grado de amenaza, como varias especies de la familia Cactaceae, entre ellas *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto (SEMARNAT, 2010).

El tallo de plantas adultas de *E. platyacanthus* es aprovechado para elaborar el dulce de acitrón o biznaga. En México este alimento es apreciado por la industria de

la panificación porque es comercializado para adornar roscas de reyes, también es ingrediente de platillos como los chiles en nogada (Del Castillo y Trujillo, 1991). Actualmente la especie está sujeta a protección especial debido al aprovechamiento destructivo para obtener acitrón, por su crecimiento lento, por la reducción de sus hábitats debido a actividades humanas y por el saqueo de plantas del medio silvestre con fines ornamentales (Chávez *et al.*, 2007; SEMARNAT, 2010). Es importante señalar que el aprovechamiento comercial de *E. platyacanthus* y de los productos derivados se encuentra regulado por la legislación mexicana, por lo que es necesario considerar la obtención de las autorizaciones correspondientes.

Una alternativa para el rescate y preservación de especies con algún grado de amenaza es la reproducción de plantas bajo invernadero o vivero, con la cual también se podría evitar la pérdida de la diversidad biológica y excesiva erosión del suelo, aunado a la disponibilidad de alimento y refugio para muchas especies animales; además, se mejora la velocidad de crecimiento de estas plantas, el cual muchas veces aumenta hasta en 10 veces en relación al campo (De la Rosa *et al.*, 2003).

Rojas-Aréchiga *et al.* (1997) realizaron pruebas de germinación de semillas de *E. platyacanthus* en laboratorio a una temperatura de 25 °C con diferentes tratamientos de luz, y el mejor resultado fue con luz blanca, obteniendo valores de más de 40 %. La información sobre la calidad física y fisiológica de semillas de *E. platyacanthus* de diferentes regiones es escasa, por lo que es importante generar conocimiento sobre la calidad de las semillas de regiones contrastantes en altitud, clima, pendiente, orientación de la ladera y pedregosidad superficial del suelo donde crecen, con el fin de determinar el sitio idóneo para recolectar semillas con alta calidad, teniendo como eje principal la ubicación de un sitio para la recolecta de semillas con fines de conservación en bancos de germoplasma y para el aprovechamiento sostenible de plantas ornamentales y restauración ecológica de las zonas. En este contexto, el objetivo de esta investigación fue estudiar, la calidad física y fisiológica de las semilla de la biznaga de dulce *E. platyacanthus* Link & Otto en tres regiones semiáridas de México, así como la sobrevivencia en invernadero y el desarrollo de las plántulas en el suelo de origen y en un sustrato comercial, bajo la hipótesis de que la calidad física y fisiológica de las semillas y el desarrollo en invernadero de las plántulas de *E. platyacanthus* es distinta entre sitios de procedencia; además, que las plántulas crecerán mejor en el suelo de origen en comparación con el sustrato comercial.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material vegetal y áreas de estudio

Las semillas de *E. platyacanthus* fueron obtenidas de frutos maduros que se encontraron adheridos a la planta y sin presentar dehiscencia, recolectados en el año 2015 y provenientes de poblaciones de *E. platyacanthus* del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Cerro Moctezuma 18° 12' N, 97° 38' O y del Tempesquistle 18° 12' N, 97° 39' O, municipio Santiago Chazumba, Oaxaca), Semidesierto Queretano (Cerro del Pilon 21° 03' N, 99° 47' O y Peña Blanca 21° 01' N, 99° 45' O, municipio de Peñamiller, Querétaro) y Altiplano Potosino (Cerro del Coyote 22° 38' N, 100° 30' O y Cerro de la Cruz 22° 37' N, 100° 30' O, municipio de Guadalcázar, San Luis Potosí).

Los frutos se recolectaron en cada sitio de estudio, provenientes de la misma cantidad de plantas seleccionadas al azar (un fruto por planta). Las plantas madre eran de altura de 20 a 92 cm, con un diámetro de 25 a 59 cm, se caracterizaron por ser plantas adultas con indumento lanoso apical.

### Caracterización física inicial de frutos y semillas

Los frutos fueron secados en el laboratorio durante 30 días a temperatura ambiente (22 ±3 °C), se determinó el peso de 20 frutos expresado en g, obtenido con una balanza (Scientech SA 120, Scientech, Inc., Boulder, CO, EUA). Las semillas color negro (indicador de madurez fisiológica) fueron extraídas manualmente de los frutos sin dehiscencia. Se conjuntó un lote de semillas de cada sitio de estudio, se colocaron todas las semillas extraídas en un sobre de papel. De cada lote fueron extraídas al azar 100 semillas para determinar su peso en conjunto con una balanza, por triplicado; es decir, 300 semillas por sitio de estudio y se contó el número de semillas por fruto.

### Prueba de germinación

Se realizó la prueba de germinación estándar, esta técnica consiste en colocar las semillas en condiciones adecuadas de luz y temperatura (ISTA, 2013), para inducir la germinación de semillas recolectadas en abril de 2015. Se utilizaron cajas de Petri con papel filtro como sustrato con 50 semillas en cada una, el papel filtro se humedeció con agua destilada hasta saturación. Las cajas de Petri se colocaron en una cámara de ambiente controlado (Thermo Scientific, Modelo 846, Waltham, Massachusetts, EUA) en un diseño completamente al azar y cada caja representó una repetición; se establecieron seis repeticiones por cada sitio de estudio. La cámara fue programada para proporcionar 12 h de luz a 25 °C y 12 h de oscuridad a

15 °C (Rojas-Aréchiga *et al.*, 2013) durante 30 días. Con una piseta se regó dos veces por semana con agua destilada durante 30 días. No se aplicó ningún tratamiento pregerminativo y no se desinfectaron las semillas. Se registró la germinación diaria y acumulada; se consideró la emergencia de la radícula (2 mm) como indicador de semilla germinada (Ellis *et al.*, 1985).

### **Desarrollo y sobrevivencia de las plántulas al trasplante en dos sustratos**

Se usaron las plántulas propagadas por semillas provenientes de la prueba de germinación estándar; una vez germinadas, se trasplantaron en dos sustratos y se consideraron como tratamientos el suelo de origen y el sustrato comercial (Peat moss) con calidad en materia orgánica y porosidad. El pH de los suelos del Altiplano Potosino fue 7.7 para Cerro del Coyote y 7.9 para Cerro de la Cruz; para el Semidesierto Queretano el pH fue de 7.6 para Cerro del Pilón y 8.0 para Peña Blanca, mientras que para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán el pH fue de 8.1 para Cerro Moctezuma y 7.8 para Cerro del Tempesquistle. Para el sustrato comercial el pH fue 3.5. El suelo y el sustrato no fueron esterilizados.

Las plántulas trasplantadas permanecieron en aclimatación por 15 días en el laboratorio a temperatura ambiente ( $22 \pm 3$  °C) hasta que fueron colocadas en invernadero ubicado en Montecillo, Texcoco, Estado de México (19° 29' LN, 98° 54' LO, 2250 msnm) a  $22 \pm 5$  °C y humedad relativa promedio de 58 %. El diseño experimental fue completamente al azar. Se utilizaron vasos de plástico transparente (No.1) de 40 mL como macetas con una planta por maceta, las cuales representaron una repetición.

El riego se realizó tres veces por semana con agua destilada durante cuatro meses sin aplicar fertilización. Se contabilizó el número de plántulas sobrevivientes semanalmente. Una plántula fue considerada sobreviviente al estar turgente y de color verde, incrementando en altura y diámetro en comparación con las que no sobrevivieron (sin cambio de dimensiones, deshidratadas y color pajizo). Semanalmente se midieron la longitud (mm) y el diámetro (mm) de las plantas sobrevivientes durante 120 días con un pie de rey digital.

Para la medición de peso de fruto se tomó como muestra un fruto por unidad experimental y las mediciones se realizaron en 20 frutos (repeticiones), mientras que para el número de semillas por fruto, también se muestreó un fruto por unidad experimental y se usaron 25 repeticiones por sitio de recolecta. Para el caso de peso de semilla la muestra fue de 100 semillas por unidad experimental y se utilizaron tres repeticiones, y para la germinación la

muestra fue 50 semillas y se usaron seis repeticiones por sitio de recolecta.

La sobrevivencia de plántula se midió en porcentaje; para ello, se utilizó diferente número de plántulas, debido a que fueron trasplantadas de acuerdo al inicio de la germinación, que fue en promedio de 13 días, y al final de los 30 días de germinación; al comenzar la evaluación de sobrevivencia, el número de plántulas por maceta fue diferente para cada uno de los sitios debido a que algunas fenecieron durante el lapso mencionado. Para los sitios Cerro del Coyote y Cerro de la Cruz se utilizaron cinco plántulas y 20 repeticiones por sitio de recolecta. En el caso de Cerro del Pilón, Moctezuma y Tempesquistle se utilizaron cuatro plántulas y 20 repeticiones y para Peña Blanca se utilizaron dos plántulas y 10 repeticiones. Para el caso de altura (mm) y diámetro de plántula (mm), solamente se utilizó una plántula y 20 repeticiones por sitio de recolecta.

### **Análisis estadístico**

Se realizó análisis de varianza y comparaciones múltiples entre tratamientos mediante la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) con el programa SAS v. 9.1 (SAS Institute, 2004). Los resultados se presentan mediante gráficas elaboradas con el programa SigmaPlot (versión 12).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Peso de fruto y semilla**

El mayor peso promedio de frutos fue de aquellos provenientes del Cerro del Coyote, Altiplano Potosino ( $6.11\text{g} \pm 0.25$ ), mostrando una diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) al resto de los sitios de estudios (Figura 1A). Los frutos recolectados en el Cerro del Pilón (Semidesierto Queretano), Cerro del Coyote y Cerro de la Cruz (Altiplano Potosino) mostraron un número de semillas por fruto estadísticamente superior al del resto de los sitios de estudio (promedio de 522 semillas por fruto) (Figura 1B). La semilla recolectada en Cerro del Tempesquistle (Valle de Tehuacán-Cuicatlán) mostró un peso de 100 semillas estadísticamente superior al del resto de los sitios de estudios (peso promedio de  $0.34\text{ g} \pm 0.0004$ ) (Figura 1C), seguido de las de Moctezuma (Valle de Tehuacán-Cuicatlán) con los mayores valores. Se ha reportado que las semillas de mayor tamaño generan plántulas más vigorosas (Suárez-Vidal *et al.*, 2017). Los sitios que presentaron menor número de semillas por fruto (Cerros de Moctezuma y Tempesquistle) fueron los que tienen las semillas con mayor peso; sin embargo, es necesario un estudio adicional para incluir las condiciones climáticas del sitio de recolecta, además de evaluar diferentes

características de la planta madre, tales como edad, condición fisiológica y posición de los frutos cosechados.

**Germinación de semilla por región y sitio de colecta**

La germinación de la semilla de los sitios Cerro del Coyote y Cerro de la Cruz inició el día 11, con un 12 y 31 % respectivamente. Posteriormente, a los 26 días se obtuvo el mayor porcentaje de germinación en ambos sitios de estudio ( $P > 0.5$ ), Cerro del Coyote 91 y de la Cruz 89 % (Figura 2A). En la Figura 2B se muestra el inicio de la germinación de las semillas colectadas en el sitio Cerro del Pílon el día 11 con 23 % y a los 26 días se presentó el mayor porcentaje con 74 % mientras que en Peña Blanca inició a los 13 días con 6 % hasta alcanzar 22 % a los 26 días ( $P \leq 0.5$ ). Las semillas de la región del Valle de Tehuacan-Cuicatlán, iniciaron la germinación con las del sitio Cerro Moctezuma con 61 % a los 11 días y a los 22 días alcanzaron el 100 % y Cerro del Tempesquistle inició con 14 % y llegó al 100 % en 24 días ( $P \leq 0.5$ ) (Figura 2C).

La primera manifestación de la germinación es la aparición de la radícula o raíz embrionaria (Bewley *et al.*, 2013), en esta investigación la ocurrencia de la germinación en las semillas de *E. platyacanthus* fue entre los días 9 y 11 después de la siembra en las cajas de Petri para los distintos sitios de estudio.

A pesar de que las semillas de *E. platyacanthus* provienen de plantas silvestres, las semillas germinaron uniformemente y no se detectó latencia, excepto probablemente en las semillas del sitio de estudio Peña Blanca, donde sólo se observó 22 % de germinación en 30 días. Vázquez *et al.* (1997) mencionan que este tipo de resultados podría ser consecuencia de la inmadurez de la semilla al momento de la colecta o por contaminación por algún hongo; sin embargo, en esta investigación no se observó crecimiento de hongos. La baja germinación también puede deberse a factores abióticos adversos a la conservación de las semillas, como incremento de la humedad, temperatura y posterior desecación, o secado excesivo, entre otros. Las características visuales de los frutos fueron similares a los demás sitios de recolecta de la semilla, mientras que en los demás sitios de estudio la germinación fue exitosa de 74 a 100 % en 30 días, incluso en menor tiempo, como es el caso de la semilla del sitio Cerro Moctezuma, donde se observó 100 % de germinación en 22 días, sin ser sometidos a tratamientos físicos o químicos.

Los resultados difieren de los de Pérez-Sánchez *et al.* (2011), quienes reportaron una germinación total de 58 % a los 14 días, pre-tratando la semilla (70 °C por 14 días). En la presente investigación los tiempos para la germinación

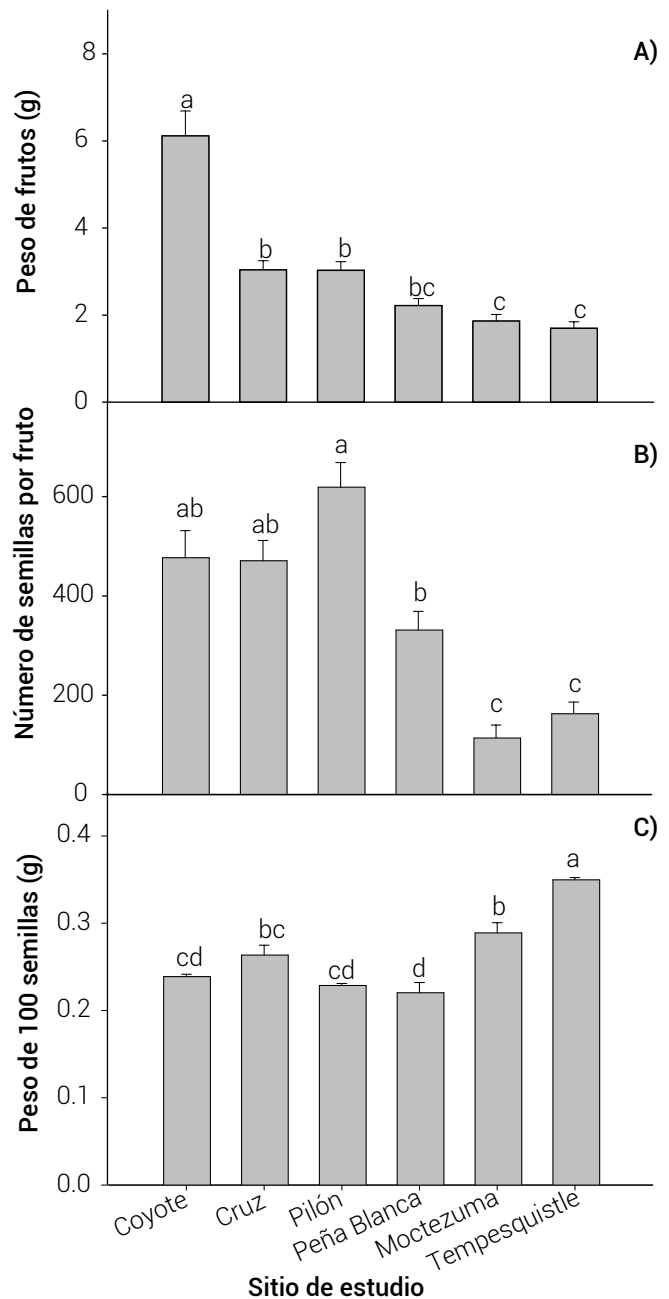
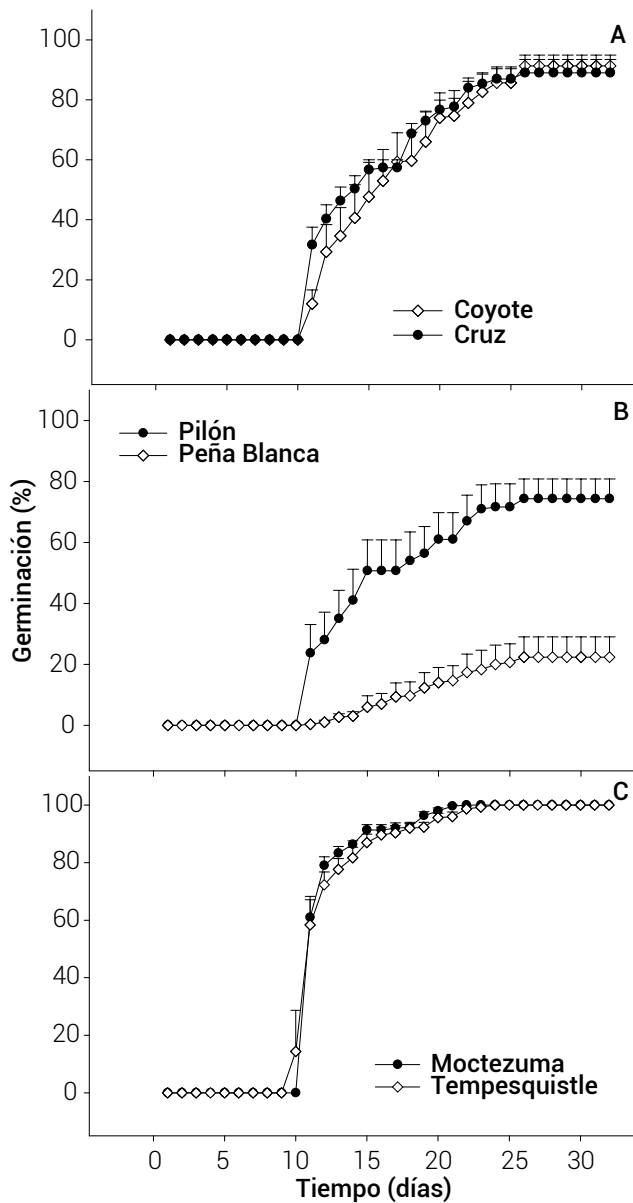


Figura 1. A) peso promedio de 20 frutos, B) número de semillas por fruto y C) peso promedio de 100 semillas de *E. platyacanthus* por sitio de estudio. Frutos y semillas provenientes del Altiplano Potosino (Coyote y de la Cruz), Semidesierto Queretano (Pílon y Peña Blanca) y Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Moctezuma y Tempesquistle), México, recolectados en 2015. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes entre sitios de estudio (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).



**Figura 2. Progreso de la germinación de semillas *E. platyacanthus* provenientes de A) Atiplano Potosino, B) Semidesierto Queretano, C) Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México. Fotoperiodo de 12 h de luz a 25 °C y 12 h de oscuridad a 15 °C durante 30 días.**

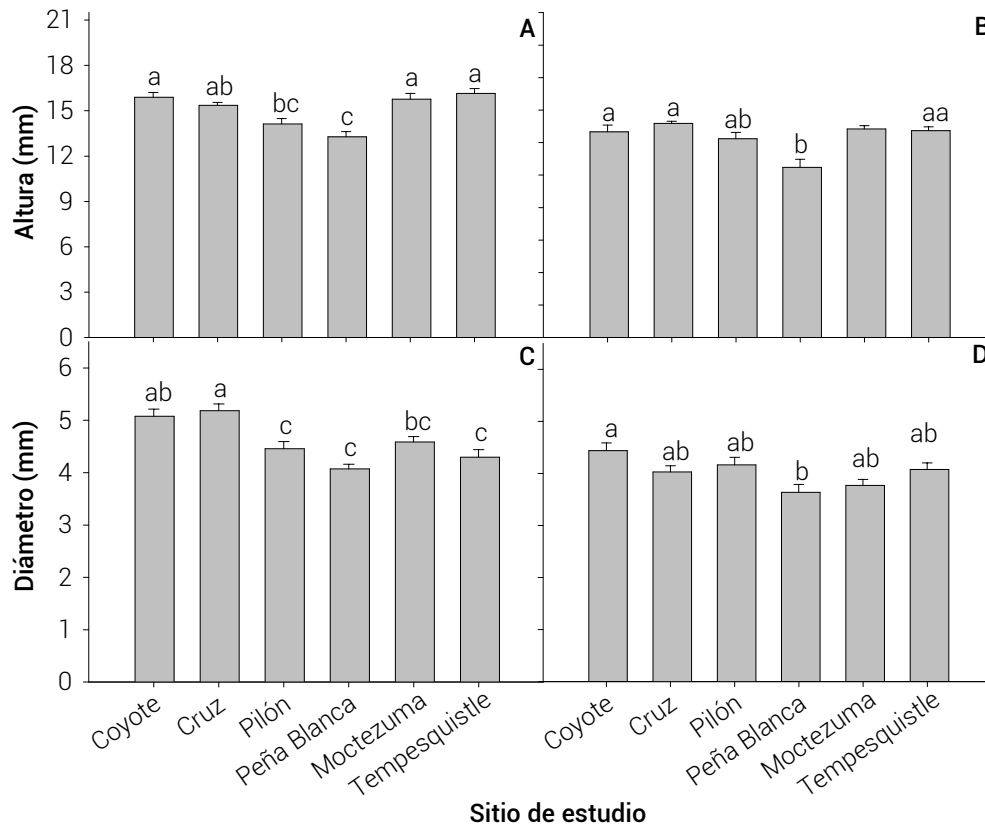
fueron más amplios en los seis sitios de estudio, llegando a 30 días a una temperatura entre 15 y 25 °C; posiblemente esto sea la causa de la diferencia entre porcentajes de germinación, que en este estudio alcanzaron hasta 100 %, mientras que Baraza y Fernández-Osores (2013) reportaron 95.8 % de germinación a 25 °C en 20 días en las semillas de los frutos (control) y más del 80 % de germinación de las semillas de cactáceas recolectadas después de ser ingeridas por 24 horas por cabras en Zapotitlán, en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán. También

reportaron más de 70 % de germinación de semillas en las heces viejas y agrietadas de cabras y en el control (semillas de frutos) con más de 90 % de germinación en 50 d. En otro estudio, Contreras-Quiroz *et al.* (2016) reportaron 54 % de germinación de semillas de la misma especie recolectadas en el Sur del Desierto Chihuahuense (San Luís Potosi) en 30 días a 25 °C. Aragón-Gastélum *et al.* (2017) estudiaron la sobrevivencia de plántulas de *E. platyacanthus* de dos años de edad en condiciones de alta temperatura (promedio de 23.4 °C), las cuales fenecieron a los 65 días; el control (a 21.5 °C) logró en promedio 80 % de germinación a los 105 días. La sobrevivencia en el control fue parecida a la de esta investigación (68 a 100 %) con crecimiento a 21 °C durante 120 días.

**Desarrollo de plántulas durante 120 días**

Entre sitios de estudio, las plántulas que crecieron en el suelo de origen del Cerro del Tempesquistle presentaron la mayor altura (16.14 mm), igual a las de los cerros Moctezuma, del Coyote y de la Cruz ( $P > 0.5$ ), con diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) con los dos últimos sitios de estudio (Figura 3A). En sustrato comercial las plántulas provenientes de Cerro de la Cruz presentaron la mayor altura (13.18 mm), igual a las provenientes de los cerros Moctezuma, del Coyote, de la Cruz y del Pílon ( $P > 0.5$ ), con diferencias significativa sólo con las de Peña Blanca (Figura 3B). Se observó que las plántulas que crecieron en el suelo de origen incrementaron su altura en 18 % con respecto a las que se desarrollaron en sustrato comercial. Las plántulas de semilla proveniente de Cerro de la Cruz presentaron el mayor diámetro (5.18 mm) en el suelo de origen, sin diferencias con las de Cerro del Coyote ( $P > 0.5$ ), pero con diferencias ( $P \leq 0.05$ ) con respecto al resto de los sitios de estudios (Figura 3C). Por otra parte, en sustrato comercial las plántulas provenientes de semilla del Cerro del Coyote presentaron el mayor diámetro (4.44 mm), estadísticamente igual a las de los cerros de la Cruz, Pílon, Moctezuma y Tempesquistle ( $P > 0.5$ ), con una diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) solamente con las de Peña Blanca (Figura 3D). Así mismo, las plántulas que se desarrollaron en el suelo de origen aumentaron su diámetro en 14 % en promedio con respecto a las plántulas que crecieron en el sustrato comercial.

Los suelos de origen mostraron mejores resultados que el sustrato comercial, ya que se obtuvo 80 % de sobrevivencia en plantas de semilla con el suelo de origen de Cerro del Coyote y 26 % en el sustrato comercial ( $P \leq 0.5$ ) (Figura 4A). En Cerro de la Cruz se obtuvo 68 % con el suelo de origen y 14 % en sustrato comercial ( $P \leq 0.5$ ) (Figura 4B). En la Figura 4C se presenta la sobrevivencia de las plántulas del sitio Cerro del Pílon con 70 % en el suelo de origen y 15 % en sustrato comercial ( $P \leq 0.5$ ), y Peña Blanca 85 % ( $P >$



**Figura 3.** Altura y diámetro promedio de las plántulas de *E. platyacanthus*, trasplantadas en suelo de origen (A y C) y sustrato comercial Peat moss (B y D). Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes entre sitios de estudio (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

0.5) en suelo de origen y 0 % en sustrato comercial (Figura 4D). La sobrevivencia de plantas de Cerro Moctezuma con suelo de origen fue de 69 % y 28 % en sustrato comercial ( $P \leq 0.5$ ) (Figura 4E). En plantas de Cerro del Tempequistle con suelo de origen la sobrevivencia fue de 86 % y 22 % en sustrato comercial ( $P \leq 0.5$ ) (Figura 4F). La germinación y establecimiento de las plántulas son fases críticas en el ciclo de vida de las plantas, y el sustrato es el soporte para la vida de estas especies, ya que es un factor importante en la adaptación y sobrevivencia de muchas especies vegetales (Harper, 2010).

De acuerdo con los análisis de pH, todos los sitios de estudio presentaron un pH alcalino; al respecto, Granados y Castañeda (1991) mencionaron que las cactáceas se desarrollan bien en suelos calcáreos y con pH tendientes a alcalinos, por lo que esta propiedad fue adecuada en todos los suelos de origen de los diferentes sitios de estudio.

En esta investigación se encontraron diferencias significativas entre sustratos; en sobrevivencia se observó un porcentaje mínimo de 68 % en el sitio Cerro de la Cruz mientras que la máxima sobrevivencia la presentó el origen Cerro del Tempequistle con 86 %; sin embargo, en el

sustrato comercial (Peat moss) las plantas de Moctezuma presentaron el máximo porcentaje de sobrevivencia con 28 % a los 120 días y el mínimo Peña Blanca con 0 %.

De acuerdo con los resultados obtenidos, las plántulas de *E. platyacanthus* en el suelo de origen presentaron un porcentaje mayor de sobrevivencia de plántulas que en el sustrato comercial, además de acrecentar significativamente la altura y el diámetro; por otro lado, se corroboró que el uso del sustrato comercial Peat moss no es recomendable, y uno de sus inconvenientes podría ser su pH ácido (3.0-4.0); esta misma situación también se ha observado en cultivos hortícolas, ya que el peat moss tampoco dio los mejores resultados sobre la calidad de plántula de chile poblano (Acevedo-Alcalá *et al.*, 2020). Una de las ventajas que representa el uso de los sustratos regionales es la disponibilidad y menor costo, y más aún los de origen orgánico, dada la tendencia hacia el manejo de sistemas de producción con enfoque sustentable (Humpert, 2000).

Las variables peso de fruto y peso de semilla por fruto aparentemente no explican la mejor calidad de la semilla. Una variable que podría explicar mejor la calidad en

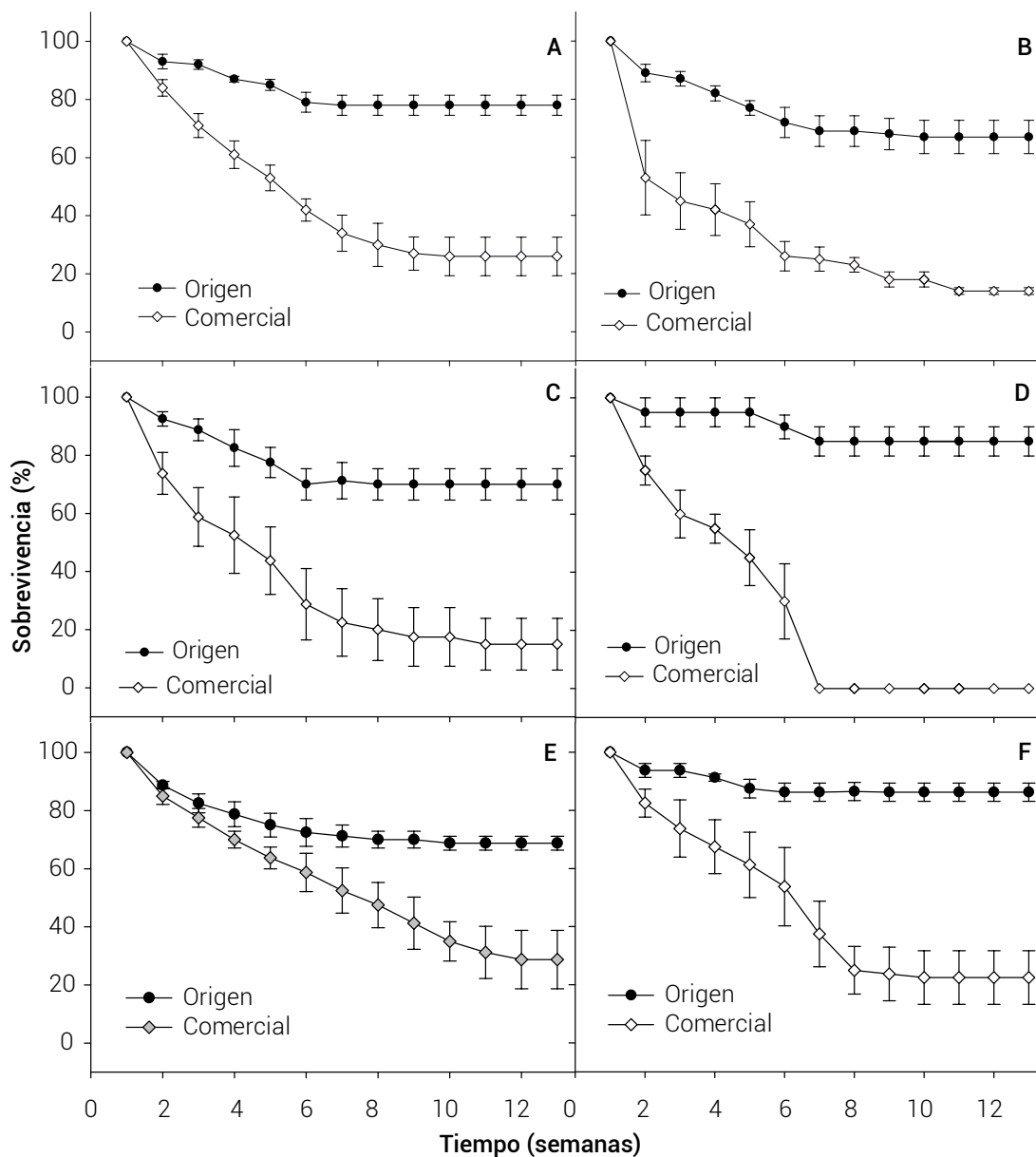


Figura 4. Porcentaje de plántulas sobrevivientes de *E. platyacanthus* crecidas en invernadero en dos sustratos, con temperatura promedio de 22 °C y HR promedio de 58 %. Montecillo, Edo. México. Sitios de estudio: A) Coyote, B) Cruz, C) Pílon, D) Peña Blanca, E) Moctezuma, F) Tempesquistle.

términos de germinación, en el crecimiento de plántula y sobrevivencia es el peso de 100 semillas, ya que los valores más altos de germinación fueron obtenidos por las semillas provenientes del Valle de Tehuacán-Cuicatlán y del Altiplano Potosino, y coincidieron con el mayor peso de 100 semillas. El mayor peso de 100 semillas es un indicador de mayor peso individual de semillas; en arroz se han encontrado relaciones positivas entre peso de semilla y contenido de almidón, amilosa y amilopectina, con asociaciones positivas en germinación, vigor y llenado de grano (Wang *et al.*, 2020); sin embargo, el peso de semilla

en la especie *Euptelea pleiospermum* (Eupteleaceae) no estuvo asociado de manera significativa con la germinación (Wei *et al.*, 2010), por lo que la importancia del peso de semilla en la germinación y sobrevivencia de las plántulas probablemente sea propia para cada especie.

**CONCLUSIONES**

En esta investigación se estableció una metodología para la propagación de *E. platyacanthus* por semilla en invernadero. Las semillas obtenidas en los sitios de

recolecta presentaron hasta 100 % de germinación, por lo que cumplen con la calidad fisiológica (germinación), excepto las del sitio de estudio Peña Blanca del Semidesierto Queretano. Las semillas de mayor calidad correspondieron a aquellas de poblaciones del Valle de Tehuacán-Cuicatlán en los estados de Puebla y Oaxaca y del Altiplano Potosino. Los suelos de origen de los seis sitios de estudio presentaron mejores resultados en la sobrevivencia de las plántulas de *E. Platyacanthus* con valores de hasta 80 % en suelo de los sitios de colecta en relación con el sustrato comercial.

### AGRADECIMIENTOS

Esta contribución se mejoró notablemente por el trabajo de revisores técnicos y editor.

### BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo-Alcalá P., J. Cruz-Hernández y O. R. Taboada-Gaytán (2020) Abonos orgánicos comerciales, estiércoles locales y fertilización química en la producción de plántula de chile poblano. *Revista Fitotecnia Mexicana* 43:35-44, <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.1.35>
- Aragón-Gastélum J. L., E. Badano, L. Yáñez-Espinosa, H. M. Ramírez-Tobías, J. P. Rodas-Ortiz, C. González-Salvatierra and J. Flores (2017) Seedling survival of three endemic and threatened Mexican cacti under induced climate change. *Plant Species Biology* 32:92-99, <https://doi.org/10.1111/1442-1984.12120>
- Baraza E. and S. Fernández-Osores (2013) The role of domestic goats in the conservation of four endangered species of cactus: between dispersers and predators. *Applied Vegetation Science* 16:561-570, <https://doi.org/10.1111/avsc.12027>
- Basra A. S. (1995) Seed Quality: Basic Mechanisms and Agricultural Implications. Food Products Press. New York, USA. 389 p. <https://doi.org/10.1017/S0960258500004207>
- Bewley J., K. Bradford, H. Hilhorst and H. Nonogaki (2013) Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy. Springer Science Business Media. New York, NY, USA. 392 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4693-4>
- Chávez M. R. J., J. Hernández O. y E. Sánchez M. (2007) Documentación de factores de amenaza para la flora cactológica del Semidesierto Queretano. *Boletín Nakari* 18:89-95.
- Contreras-Quiroz M., M. Pando-Moreno, E. Jurado, J. Flores, K. Bauk and D. E. Gurvich (2016) Is seed hydration memory dependent on climate? Testing this hypothesis with Mexican and Argentinian cacti species. *Journal of Arid Environments* 130:94-97, <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.03.001>
- De la Rosa P. P., L. Jiménez S., B. Ramírez V., J. Ramírez J. y E. R. Escalante R. (2003) Evaluación productiva y económica del sistema hidropónico en invernaderos rústicos en Nativitas, Tlaxcala. *Agricultura Técnica en México* 29:145-154.
- Del Castillo R. F. and S. Trujillo (1991) Ethnobotany of *Ferocactus histrix* and *Echinocactus platyacanthus* (Cactaceae) in the semiarid central México: past, present and future. *Economic Botany* 45:495-502, <https://doi.org/10.1007/BF02930713>
- Ellis R. H., T. D. Hong and E. H. Roberts (1985) Handbook of Seed Technology for Genebanks. Volume I. Principles and Methodology. International Board for Plant Genetic Resources. Rome, Italy. 210 p.
- Granados S. D. y A. D. Castañeda P. (1991) El Nopal: Historia, Fisiología, Genética e Importancia Frutícola. Trillas. México, D. F. 227 p.
- Harper J. L. (2010) Population Biology of Plants. The Blackburn Press. London, England. 922 p.
- Humpert C. P. (2000) New trends in sustainable farming build compost use. *Biocycle* 41:30-33.
- ISTA, International Seed Testing Association (2013) International Rules for Seed Testing. Edition 2013. International Seed Testing Association. Bassersdorf, Switzerland. 433 p.
- Pérez-Sánchez R. M., E. Jurado, L. Chapa-Vargas and J. Flores (2011) Seed germination of Southern Chihuahuan Desert plants in response to elevated temperatures. *Journal of Arid Environments* 75:978-980, <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.04.020>
- Rojas-Aréchiga M., A. Orozco-Segovia and C. Vázquez-Yanes (1997) Effect of light on germination of seven species of cacti from the Zapotitlán Valley in Puebla, México. *Journal of Arid Environments* 36:571-578, <https://doi.org/10.1006/jare.1996.0218>
- Rojas-Aréchiga, M., M. C. Mandujano and J. K. Golubov, (2013) Seed size and photoblastism in species belonging to tribe Cactaceae (Cactaceae). *Journal of Plant Research* 126:373-386, <https://doi.org/10.1007/s10265-012-0526-2>
- SAS Institute (2004) SAS/STAT® 9.1. User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA. 5121 p.
- SEMARNAT, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2010) NOM-059-ECOL 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 6 Marzo de 2002. Ciudad de México.
- Suárez-Vidal E., L. Sampedro and R. Zas (2017) Is the benefit of larger seed provisioning on seedling performance greater under abiotic stress? *Environmental and Experimental Botany* 134:45-53, <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2016.11.001>
- Vázquez Y. C., A. Orozco, M. Rojas, M. E. Sánchez y V. Cervantes (1997) La Reproducción de las Plantas: Semillas y Meristemos. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 170 p.
- Wang X., Q. Tang and W. Mo (2020) Seed filling determines seed vigour of superior and inferior spikelets during hybrid rice (*Oryza sativa*) seed production. *Seed Science and Technology* 48:143-152, <https://doi.org/10.15258/sst.2020.48.2.01>
- Wei X. Z., J. X. Liao and M. X. Jiang (2010) Effects of pericarp, storage conditions, seed weight, substrate moisture content, light, GA<sub>3</sub> and KNO<sub>3</sub> on germination of *Euptelea pleiospermum*. *Seed Science and Technology* 38:1-13, <https://doi.org/10.15258/sst.2010.38.1.01>