

**Calidad de semillas de dos biznagas del género *Echinocactus* Tribu *Cacteae*
(Fam.: *Cactaceae*)**

**Seed quality of two biznagas of the genus *Echinocactus*
Tribu *Cacteae* (Fam.: *Cactaceae*)**

E. Edith Villavicencio-Gutiérrez^{1*}, Martín Quintana-Camargo², Francisco Sánchez-Barra³,
Antonio Cano-Pineda¹ y Julio C. Ríos-Saucedo⁴

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Campo Experimental Saltillo. Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México.

²Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG) INIFAP.

³Instituto de Investigación de Zonas Desérticas. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

⁴INIFAP-Valle del Guadiana, Durango, México.

*Autor para correspondencia: villavicencio.edith@inifap.gob.mx

RESUMEN

Por la importancia ecológica, social y económica que tiene este recurso fitogenético, se utilizó el cultivo de tejidos vegetales. Se realizaron pruebas físicas y fisiológicas para conservar *ex situ* germoplasma de cactáceas de las biznagas barril de oro (*Echinocactus grusonii* Hildm) del mpio. de Cadereyta de Montes, Querétaro y dulce (*Echinocactus platyacanthus*) Link & Otto del mpio. de Galeana, Nuevo León. Para el análisis métrico (tamaño) y de color se consideraron 20 semillas con cinco repeticiones por accesión y para el parámetro cualitativo (forma y textura) se evaluaron 50 semillas al azar por accesión. El análisis métrico muestra que las semillas de ambas especies tienen forma ovada y textura reticulada, existiendo diferencias en tamaño. En las pruebas físicas, las semillas ortodoxas de *E. platyacanthus* son más grandes (2.81 x 1.96 mm) que las de *E. grusonii* (1.74 x 1.29 mm), el peso de mil semillas es de 2.65 g y 0.80 g, respectivamente. La pureza de ambas especies es mayor al 90% y el contenido de humedad (CHS) es estadísticamente igual (CHS= 5%). El análisis fisiológico mostró que las semillas presentan dormancia, siendo las de *E. grusonii* (34%) más vulnerables a este efecto que las de *E. platyacanthus* (22.72 %). Esta última registró una germinación estándar del 85 % con plántulas normales; mientras que *E. grusonii* un 66.7 %. Estos resultados permiten tener un referente para documentar el material previo a su almacenamiento a corto y largo plazo, comprender el proceso que promueve su germinación, establecer la condición en la que puede realizarse la conservación *ex situ* de las semillas, así como su posterior seguimiento.

Palabras clave: cactáceas, conservación *ex situ*, barril de oro, biznaga dulce, germinación.

ABSTRACT

Physical and physiological tests were carried out to conserve *ex situ* cacti germplasm of the golden barrel biznagas (*Echinocactus grusonii* Hildm) of the Mpio. from Cadereyta de Montes, Querétaro and dulce (*Echinocactus platyacanthus*) Link & Otto del mpio. from Galeana, Nuevo León. For the metric (size) and color analysis, 20 seeds with five repetitions per accession were considered and for the qualitative parameter (shape and texture) 50 seeds were evaluated at random per accession. The metric analysis shows that the seeds of both species have an ovate shape and a reticulated texture, with differences in size. In physical tests, orthodox seeds of *E. platyacanthus* are larger (2.81 x 1.96 mm) than those of *E. grusonii* (1.74 x 1.29 mm), the weight of one thousand seeds is 2.65 g and 0.80 g, respectively. The purity of both species is greater than 90% and the moisture content (CHS) is statistically equal (CHS=



5%). The physiological analysis showed that the seeds present dormancy, with those of *E. grusonii* (34%) being more vulnerable to this effect than those of *E. platyacanthus* (22.72%). The latter recorded a standard germination of 85% with normal seedlings; while *E. grusonii* 66.7%. These results allow us to have a reference to document the material prior to its short and long term storage, understand the process that promotes its germination, establish the condition in which the ex situ conservation of the seeds can be carried out, as well as its subsequent monitoring

Keywords: cacti, *ex situ* conservation, golden barrel, golden barrel, sweet biznaga, germination.

INTRODUCCIÓN

La conservación *ex situ* es un área prioritaria para la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (FAO, 2014), en la que se incluye la colecta selectiva, mantenimiento de colecciones y la regeneración de aquellos recursos fitogenéticos que constituyen parte de la biodiversidad y que son usados con diferentes propósitos. Las cactáceas *Echinocactus grusonii* Hildm. y *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto forman parte de la biodiversidad de las zonas áridas y semiáridas del país (Tropicos, 2021). Ambas son especies endémicas de México y se encuentran en estatus de riesgo en la categoría de peligro de extinción (P) dentro de la norma NOM-059-ECOL-2010 (SEMARNAT, 2019). La primera especie referida se usa para hacer productos de confitería, como acitrón y dulce de biznaga que actualmente están prohibidos por utilizar la pulpa de la planta. Ambas especies se usan en la horticultura ornamental como plantas de maceta, ampliando la diversidad de productos que llegan al mercado y

compitiendo con otras variedades de ornato tradicionales, aumentando la popularidad de las cactáceas en jardines, parques y espacios visuales (Jiménez-Sierra y Eguiarte, 2010; Villavicencio-Gutiérrez *et al.*, 2020).

La colecta selectiva, forma parte de la conservación *ex situ* de los recursos fitogenéticos como lo refieren Hammer *et al.*, (2003) y Upadhyaya *et al.*, (2008), donde puede realizarse el mantenimiento del germoplasma representativo de la variabilidad que se desea preservar fuera de su hábitat natural. Esta acción, es importante para el Banco de Germoplasma de Cactáceas del INIFAP, quien busca a través de la colecta selectiva el resguardo, almacenamiento y propagación de la semilla ortodoxa, la cual constituye el germoplasma preferido y la materia.

Considerando, que la semilla es la unidad de reproducción sexual que puede multiplicarse, conservarse a corto o largo plazo para perpetuar de este modo la especie a la que pertenece, el objetivo del presente estudio fue realizar las pruebas calidad y germinación que permiten evaluar el poder germinativo de las semillas y estimar su prima para conservar dichos recursos fitogenéticos valor potencial para su uso de acuerdo a los lineamientos de regulación del ISTA (ISTA, 2019) y comercialización de semillas de la Ley Federal de Producción, Certificación y Comercio de Semillas (SAGARPA-SNICS, 2018).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales del Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP y en el Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG) INIFAP.

Material vegetal. Se analizaron dos accesiones de semillas de una colecta masal realizada en 2021 de la biznaga barril de oro *Echinocactus grusonii* Hildm del mpio. de Cadereyta, de Montes, Querétaro y la biznaga dulce, burra, o tonel grande (*Echinocactus platyacanthus*) Link & Otto del mpio. de Galeana, Nuevo León, que se distribuyen en el Desierto Chihuahuense (Figura 1).

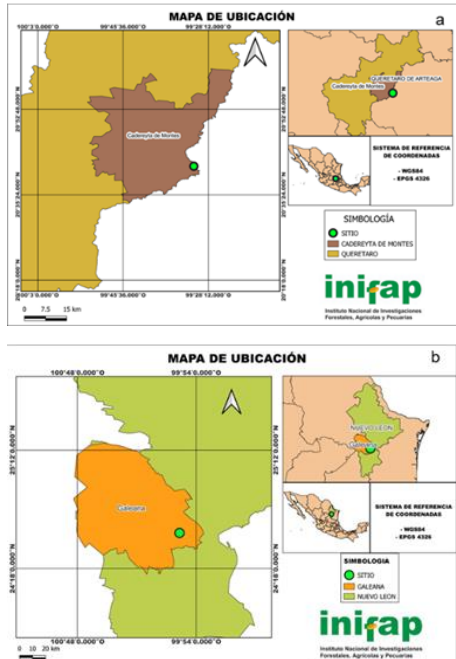


Figura 1. Área de distribución de accesiones de cactáceas. a). *Echinocactus grusonii* Hildm b). *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto

Pruebas físicas

Análisis Métrico. Con apoyo el programa Dino capture versión 2.0 y de un calibrador digital modelo No. 50001, 50002, 50003 se evaluaron los parámetros cuantitativos referentes al largo (*Ls*), ancho (*As*) y espesor (*Es*) expresados en milímetros (mm).

Forma y Textura. Carácter cualitativo evaluado con un microscopio estereoscópico Marca Zeiss utilizando los glosarios de términos botánicos de Moreno (1984), evaluando 50 semillas al azar por accesión.

Color de la semilla. Carácter pseudocualitativo se evaluó con el código de colores RHS (RHS, 2020) y las directrices de examen UPOV TC/54/22 (UPOV, 2021).

Para las pruebas a y c referentes a los parámetros cuantitativos y pseudocualitativos se consideraron 20 semillas con cinco repeticiones por accesión.

Análisis de pureza. Se refiere a la composición física de la muestra (semillas llenas, de otras semillas y materia inerte que se encuentra en la muestra), este parámetro se evaluó con un soplador marca Seedburo, separando las semillas puras, vanas y materia inerte, el resultado se expresó en porcentaje

(%). Fue la primera prueba que se realizó, ya que la semilla resultante se utilizó para las pruebas de peso de mil semillas, viabilidad con tetrazolio y germinación.

Peso de mil semillas. Se expresó en gramos (g) y cuantificó con una balanza analítica marca AND GR-300. El valor obtenido se utilizó para calcular la densidad de siembra o el número de semillas por contenedor o recipiente.

Peso volumétrico. Se realizó con el método del recipiente de volumen conocido, agregando una fracción de semilla pura de cada accesión, cuando rebasó el volumen del recipiente, se eliminó el excedente y la muestra se pesó en una balanza analítica. Para su cálculo se utilizó la ecuación siguiente y el resultado se expresó en kg hL⁻¹

$$PV = \frac{\text{peso muestra}}{\text{volumen recipiente}} * 100$$

Para las pruebas d, e y f se consideró la técnica el ISTA (ISTA, 2019) tomando de cada accesión 100 semillas como unidad experimental con 8 repeticiones.

g) Contenido de humedad (CHS). Se refiere a la cantidad de agua que hay en una semilla. El CHS se expresó en porcentaje en términos del peso del agua contenida en una semilla respecto al peso total de la semilla antes del secado, conocido como peso húmedo o como base del peso fresco (pf), de acuerdo a las reglas internacionales (ISTA, 2019). Para esta prueba se consideró una muestra de hasta 0.5 g de semilla con dos repeticiones por accesión.

$$CHS (\%pf) = \frac{\text{peso fresco} - \text{peso seco}}{\text{peso fresco}} * 100$$

Integridad física por medio de rayos X. Con el equipo de rayos X marca FAXITRON MX-20; se analizaron de forma no destructiva las características morfológicas evidentes en la semilla con una radiografía digitalizada determinando el porcentaje de semillas llenas, vacías, dañadas por insecto y dañadas físicamente (ISTA, 2019).

Para las pruebas *h* e *i* se consideraron 25 semillas con cuatro repeticiones por accesión.



Pruebas fisiológicas y Bioquímicas

Germinación estándar. La prueba se realizó utilizando la semilla del ensayo de rayos X, evaluando porcentaje de plántulas normales (plántulas con estructuras esenciales (raíces, brotes y suficiente reserva de alimento) capaz de desarrollar plantas reproductivamente maduras y anormales. Esta prueba se hizo a $25^{\circ}\text{C} \pm 2$ en cajas petri con algodón humedecido con agua estéril evaluando la muestra a los 28 días de establecimiento.

Viabilidad con tetrazolio. Prueba bioquímica que detecta la respiración celular, para ello, las semillas pre-humedecidas, se cortaron longitudinalmente para exponer el embrión a la solución de tetrazolio (1%) incubando la muestra por 24 horas a 30°C . Para el corte y evaluación se utilizó un microscopio estereoscópico. En esta prueba se utilizaron las semillas que no germinaron en la prueba de germinación estándar estableciendo dos repeticiones por accesión.

Toda la información se analizó con el programa Statistical Analysis System (SAS) versión 9.4 (SAS, 2019) registrando la media, desviación estándar con el procedimiento MEANS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pruebas Físicas

Análisis Métrico, Forma, Textura y Color. Las semillas ortodoxas de la biznaga barril de oro (*E. grusonii* Hildm) y biznaga burra, o tonel grande (*E. platyacanthus*) Link & Otto son pequeñas; sin embargo, el tamaño de las semillas de *E. platyacanthus* coincide con lo reportado por Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada (1991) y son más grandes que las de *E. grusonii* (Tabla 1 Figura 2).

Tabla 1. Características morfológicas en semillas ortodoxa de cactáceas ornamentales *Echinocactus grusonii* Hildm y *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto.

Especies	Tamaño (mm)			Textura	Forma	Color
	Ls	As	Es			
<i>Echinocactus grusonii</i> Hildm	1.51 - 1.74	1.13 - 1.29	0.71 - 0.78	Reticulada	Ovada	RHS 187A Marrón Oscuro
<i>Echinocactus platyacanthus</i> Link & Otto	2.48 a 2.81	1.57 - 1.96	1.13 a 1.24	Reticulada	Ovada	RHS 187A Marrón Oscuro RHS 203C Negro

Ls= Largo; As= Ancho; Es= Espesor

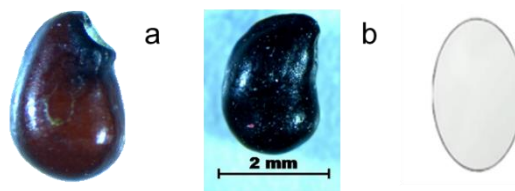


Figura 2. Textura reticulada y forma ovada de la semilla: a) *Echinocactus grusonii* Hildm b) *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto.

Las semillas de ambas accesiones son de tamaño reducido, lo que aumenta su condición de semillas fotoblásticas positivas como lo refieren Barrios *et al.*, (2020), Rojas-Aréchiga y. Batis. (2001) y Rojas-Aréchiga *et al.*, (2013). El fotoblastismo es común en otras especies de cactáceas nativas como; *Ariocarpus kotschoubeyanus* (Lem.) K. Schum., *Ferocactus haematacanthus* (Salm-Dyck) Bravo y *Mammillaria longimamma* DC. quienes producen semillas pequeñas de este tipo, condición que está fuertemente influenciada por la filogenia de las especies y es una adaptación al ecosistema desértico (Rojas-Aréchiga y Batis, 2001). Esta condición que se pierde en otras especies vegetales que tienden a tener mayor masa en sus semillas (Barrios *et al.*, 2020).

Las semillas de ambas especies presentan una textura reticulada (UPOV, 2021) y forma ovada (Moreno, 1984); mientras que el color de la semilla de acuerdo al código RHS (RHS, 2020) es uniforme y va de Marrón Oscuro (RHS 187A) a negro (RHS 203C), lo que coincide con la descripción botánica de Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada (1991) y Jiménez-Sierra y Guigarte, (2010).

Análisis de pureza. La pureza de la semilla de ambas especies es superior al 90% ($P \leq 0.05$), identificando que los restos de semilla fraccionada fueron la naturaleza del material inerte (Tabla 2).

Tabla 2. Pruebas físicas en semillas ortodoxas de cactáceas ornamentales *Echinocactus grusonii* Hildm y *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto.

Parámetro	a	b
Semilla pura (%)	99.7	100
Peso de mil semillas (g)	0.8062	2.6522
Peso volumétrico (Kg HL ⁻¹)	58.97	66.5
Contenido de humedad (CHS) (%)	5	5

a). *Echinocactus grusonii* Hildm; b). *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto.

Peso de mil semillas. En ambas accesiones, el peso representa el lote evaluado considerando semilla pura como lo refiere el ISTA (ISTA, 2019). El peso de semilla de *E. platyacanthus* tripica (2.65 g) ($P \leq 0.05$) al peso de *E. grusonii* y permiten calcular la densidad de siembra o el número de semillas que pueden incluirse en el contenedor o recipiente para realizar la conservación y almacenamiento. (Tabla 2).

Peso volumétrico. Esta prueba es un indicador de la calidad que influye en el vigor de las plántulas. En ambas especies, el peso volumétrico es menor a 66.5 Kg HL⁻¹ ($P \leq 0.05$) (Tabla 2). Este valor sirve de referencia pues no existe información sobre este parámetro en cactáceas en ninguna norma de tecnología de semillas. A manera de comparación, se refiere el peso volumétrico en *J. curcas* donde el peso volumétrico va de 40 a 80 Kg hL⁻¹, (López-Jiménez *et al.*, 2022); mientras que en maíz es de 75 kg hL⁻¹ de acuerdo a lo indicado en la norma del SNICS.

Contenido de humedad (CHS). Se refiere a la relación entre la masa del agua contenida en la semilla con respecto a la masa de materia seca. En ambas especies, el CHS fue estadísticamente igual (CHS= 5%) ($P \leq 0.05$), de acuerdo con el ISTA (ISTA, 2019) un porcentaje mayor genera alteraciones de la materia prima deteriorando las semillas causando hasta la muerte (Tabla 2). Este porcentaje permite el almacenamiento de semilla a corto y largo plazo, porque la semilla contiene una hidrólisis de reservas

(almidón, lípidos y proteínas) que van a permitir la activación de enzimas y crecimiento de embrión cuando sea necesario. Así mismo el método indirecto utilizado es confiable y rápido para evaluar semillas de estas accesiones de cactáceas.

Integridad física por medio de rayos X. Este método resulto útil para evaluar semillas de cactáceas, por ser un método no destructivo que permite conservar el germoplasma distinguiendo la semilla llena que puede ser germinada de la semilla vana y físicamente dañada (ISTA, 2019) (Figura 3). Las accesiones de ambas especies presentaron un excelente desarrollo, variedad formas del embrión y un llenado completo de la cavidad seminal, sin daño de plagas o malformaciones, por lo que se establece que las condiciones de desarrollo y maduración del fruto conjuntamente con el tiempo de colecta fueron adecuadas (Figura 3).

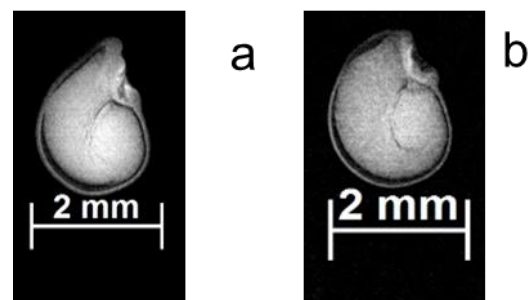


Figura 3. Radiografías digitalizadas de la semilla: a) *E. grusonii*; b) *E. platyacanthus*, en la evaluación de la integridad física con rayos X.

Pruebas fisiológicas y Bioquímicas

Viabilidad con tetrazolio. Esta prueba se basa en la actividad de la enzima deshidrogenasa (ISTA, 2019). La concentración de tetrazolio, la temperatura y el tiempo de tinción de la prueba fueron satisfactorios, porque permitieron la tinción del embrión logrando evaluar la viabilidad de las semillas de cactáceas. La viabilidad registrada corresponde a las semillas con dormancia, donde el porcentaje es mayor en *E. grusonii* (34%) ($P \leq 0.05$) que en *E. platyacanthus* (22.72 %) (Tabla 3). En ambas especies, la dormancia puede ser una ventaja en condiciones naturales, donde las semillas durmientes pueden permanecer viables en el suelo y germinar cuando existan condiciones de luz, humedad y temperatura que lo permitan, como lo refieren Godínez-Álvarez y Valiente-



Banuet, (1998), Rojas-Aréchiga y Mandujano-Sánchez, (2017) y Sánchez-Soto, (2010). En condiciones de una producción intensiva la dormancia puede ser una desventaja, ya que puede aumentar la cantidad de semilla requerida en la densidad de siembra, por lo que es recomendable en ambas especies evaluar tratamientos ya sea físicos, químicos y/o hormonales para romper la dormancia e incrementar el porcentaje de germinación principalmente en *E. grusonii*.

Para las especies en estudio la dormancia es fisiológica y el fotoblasticismo que presentan está fuertemente influenciado con su filogenia (Barrios, 2020).

Tabla 3. Pruebas fisiológicas en semillas ortodoxas de cactáceas ornamentales *Echinocactus grusonii* Hildm b) *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto.

Parámetro	<i>E. grusonii</i>	<i>E. platyacanthus</i>
Viabilidad con tetrazolio (%)	34.21	22.72
Germinación estándar (%)	32.5	62.50
Total	66.71	85.22



Germinación estándar. El análisis muestra que en condiciones de laboratorio existen diferencias entre especies. La velocidad de germinación considera el tiempo de emisión de la radícula como un estimador del vigor de la semilla, este efecto fue más rápido en *E. platyacanthus* que en *E. grusonii*. El porcentaje de germinación registrado refleja la calidad que tienen las semillas para la siembra, el lote de semilla de *E. platyacanthus* registró mayor potencial germinativo (85.22%) ($P \leq 0.05$) en condiciones óptimas con plántulas normales, superando a lo reportado por Godínez-Serrano *et al.*, (2021) (Tabla 3).

Aunque las reglas del ISTA (ISTA, 2019) han sido diseñadas para cultivos agrícolas, también han sido útiles para caracterizar otras especies arbóreas, arbustivas, ornamentales y plantas medicinales. Para el caso de cactáceas de ornato como *E. grusonii* y *Echinocactus platyacanthus*, han sido un método útil para caracterizar la calidad de este tipo de semillas. Los resultados de las diferentes pruebas realizadas proporcionan la base para conservar *ex situ* de este germoplasma, constituyen una forma para preservar la

biodiversidad y promover la sustentabilidad de este recurso fitogenético.

CONCLUSIONES

La semilla es un producto biológico vivo y su comportamiento puede ser predicho con certeza cuando existen pruebas que lo diferencian de material no biológico o inerte. Se realizaron 11 pruebas para evaluar el germoplasma de semillas ortodoxas de cactáceas con resultados que permiten tener un referente para documentar el material al realizar la conservación *ex situ* a corto y largo plazo, comprender los procesos que promueven su germinación y establecer la condición para su almacenamiento.

AGRADECIMIENTOS

A la Convocatoria de proyecto fiscal por el apoyo al proyecto con registro SIGI 11375835151 titulado: "Estrategias de innovación tecnológica para la conservación *ex situ* de cactáceas ornamentales del desierto Chihuahuense un recurso fitogenético nativo de México".

LITERATURA CITADA

- Barrios D., J. Sánchez A., J. Flores, E. Jurado. (2020). Características de las semillas y germinación en la familia Cactaceae: una revisión en las Américas. N° 3 (18): 417-440. [consultado el 10 de agosto de 2021]. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.2501>
- Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada. (1991). Las Cactáceas de México. vol. 2. 2da. ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF, México. 643 págs. https://www.academia.edu/39916393/Bravo_Hollis_H_Las_Cactaceas_de_Mexico_Vol.
- Godínez-Álvarez, H., & Valiente-Banuet, A. (1998). Germinación y crecimiento temprano de plántulas de especies de cactus del Valle de Tehuacán: el papel de los suelos y la ingestión de semillas por parte de los dispersores en el crecimiento de plántulas. Revista de entornos áridos, 39(1), 21-31. <https://doi.org/10.1006/jare.1998.0376>.



- Godínez-Serrano G., J. Martínez, ML Arreguin-Sánchez, F. García-Ocha. (2021). Germinación y crecimiento de *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto (Cactaceae). *Polibotánica* (52): 117-133 <https://doi.org/10.18387/polibotanica.52.9>
- Hammer K., N. Arrowsmith y T. Gladis. (2003). Agrobiodiversidad con énfasis en recursos (90): 241-250. fitogenéticos. *Naturwissenschaften*.
- Asociación Internacional de Ensayo de Semillas (ISTA). (2019). Reglas internacionales para el análisis de semillas. Normas. (http://www.seedtest.org/en/international-rules_content--1--1083.html).
- Jiménez-Sierra, CL, & Eguarte, LE (2010). Cactus barril de caramelo (*Echinocactus platyacanthus* Link & Otto): un recurso vegetal tradicional en México sujeto a extracción y exploración incontrolada. *Botánica Económica*, 64(2), 99-108. DOI: 10.1007/s12231-010-9119-y [consultado el 22 de septiembre de 2019].
- López-Jiménez MC, MC Rivera-Cruz, RG Acosta-Pech, J. Martínez-Herrera. (2022). El petróleo fresco en el suelo induce hormesis en área foliar de *Jatropha curcas* L. 7 Simposio sobre diversidad biológica Internacional.
- Moreno, N. (1984). *Glosario Botánico Ilustrado*. Compañía Editorial Continental SA Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Compañía Editorial Continental SA Cd. México, México. 300p. Versión electrónica: [consultado el 8 de abril de 2020] <http://reservaeleden.org/plantasloc/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2014). El estado de los recursos genéticos forestales del mundo. Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 291p. <https://www.fao.org/3/mk449s/mk449s.pdf>.
- Colores RHS, UCL y RGB, gamma = 1,4. (fan1-fan2-fan3-fan4) (2020). Sociedad Asalea de América. Recuperado de <http://azaleas.org/index.pl/rhsmacfan1.html>
- Rojas-Aréchiga, M., & Vázquez-Yanes, C. (2000). Germinación de semillas de cactus: una revisión. *Revista de entornos áridos*, 1(44), 85-104. <https://doi.org/10.1006/jare.1999.0582>
- Rojas-Aréchiga, M., & Batis, A. (2001). Las semillas de cactáceas ¿Forman bancos en el suelo? *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, XLVI (46), 76-82.
- Rojas-Aréchiga, M., & Mandujano-Sánchez, MC (2017). Latencia secundaria en especies de la tribu Cactaeae (Cactaceae). *Polibotánica*, 44, 137-145. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.44.10>
- SAGARPA-SNICS. (2018). Ley Federal de Producción, Certificación y Comercio de Semillas (LFPCyCS). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Secretaría General. Secretaría de Servicios Parlamentarios. Diario Oficial de la Federación. Cd. México. México. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFPCCS_110518.pdf
- Sánchez-Soto, B., Reyes-Olivas, Á., García-Moya, E., & Terrazas, T. (2010). Germinación de tres cactáceas que habitan la región costera del noroeste de México. *Interciencia*, 35(4), 299-305. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33913156010.pdf>
- Instituto SAS Inc. (2019). Guía del usuario de SAS/IML (Versión 9.4). SAS Institute Inc. Cary Carolina del Norte.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2019). 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, 14 de... noviembre. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4254/semarnat/semarnat.htm>

Trópicos. (2021). Trópicos: Echinocactus platyacanthus Link & Otto y Echinocactus grusonii Hildm. <http://www.tropicos.org/Nombre/33700793>.

Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV). (2021). Recuperado de <https://www.upov.int/tools/es/gsearch.html?cx=016458537594905406506%3Aa0ovkspd&cof=FORID%3A11&q=tc54%2F22>.

Upadhyaya, HD, Gowda, CLL y Sastry, DVSSR (2008). Gestión de recursos fitogenéticos: recolección, caracterización, conservación y utilización. Revista de Investigación Agrícola del SAT, 6, 1-16. https://www.researchgate.net/publication/228517138_Plant_genetic_resources_management_Collection_characterization_conservation_and_utilization

Villavicencio-Gutiérrez, EE, Carranza-Pérez, MA, & Zamora-Martínez, BE (2020). Propagación y cultivo de cactus de ornato del Desierto Chihuahuense. Folleto Técnico Núm. 65. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México. Recuperado de https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/_Content?/=12301