

---

# EFECTO DE MICROORGANISMOS EN LA PROMOCIÓN DE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE LA CACTÁCEA

---

## *Echinocactus platyacanthus* LINK & OTTO

---

Francisco Castillo-Reyes, Juan David Sánchez Chaparro, Sandra Eloisa Rangel Estrada y Jaime Canul Ku

### RESUMEN

En los últimos años se han llevado a cabo numerosos estudios para incorporar microorganismos promotores del crecimiento vegetal en la producción agrícola. No obstante, existe poca información sobre estudios del efecto de dichos microorganismos en especies forestales, especialmente de las zonas áridas. El presente trabajo se enfocó en evaluar el efecto de la inoculación de *Bacillus spp.*, *Trichoderma spp.*, *Glomus intra-*

radices y rizobacterias halófilas en la germinación de semillas de *Echinocactus platyacanthus*, una especie nativa del semi-desierto mexicano. Los resultados muestran que los microorganismos juegan un papel importante en la promoción del proceso de germinación de las semillas de *Echinocactus*, siendo mayor la promoción de la germinación por microorganismos cuando las semillas son lavadas.

### Introducción

La producción de plántulas en cuanto a calidad y tiempo de obtención, ya sea con fines agrícolas o forestales, depende del método empleado para efectuar el proceso de germinación (Razz y Clavero, 2003; Enríquez *et al.*, 2004) y del conocimiento biológico que se tenga de su semilla (Sánchez *et al.*, 2010; García *et al.*, 2014). Sin embargo, existen especies que aún no han sido sometidas a un proceso de producción de plantas o su conocimiento biológico es limitado de manera artificial dada su baja importancia en un proceso productivo; tal es el caso de algunas especies forestales. En México existe un listado de especies vegetales consideradas bajo estatus de riesgo en la Norma Oficial Mexicana, dentro de la cual

se encuentran integrantes de la familia Cactaceae (Hernández y Godínez, 1994; NOM, 2010). Esta familia se caracteriza (Arias, 1997; Arreola, 1997) por distribuirse en la región semiárida del país que se destaca por un bajo régimen de lluvias, lo que limita su capacidad de reproducción de forma natural. Ello, aunado al complejo problema social, económico y político causado por el crecimiento poblacional, ha ejercido una gran presión sobre el recurso forestal, generando destrucción y deterioro en la calidad del medio y baja productividad de los recursos forestales de forma natural (Hernández *et al.*, 2007a, b; Alanís y Velazco, 2008; Valverde *et al.*, 2009). Por lo tanto, es necesario contar con métodos y técnicas que permitan, de manera artificial, la

producción intensiva de las especies que componen esta familia.

Los factores que afectan la germinación pueden ser divididos en dos tipos: factores intrínsecos propios de la semilla: madurez y viabilidad (Mápula *et al.*, 2008; Pérez, 2013), y factores extrínsecos, dependientes del ambiente: agua, temperatura, luz y gases (Faccini y Puricelli, 2006; Méndez *et al.*, 2006; Doria, 2010; Muro *et al.*, 2013). Existen en la literatura un sinnúmero de técnicas y uso de agentes físicos y químicos para acelerar el proceso de germinación (Doria, 2010; Sobrevilla *et al.*, 2013). Sin embargo, el uso de agentes biológicos es limitado. La utilización de microorganismos para ello ha tenido una amplia difusión en los últimos años, debido a su efecto

positivo sobre el rendimiento de muchos cultivos en distintas situaciones y a la factibilidad de desarrollar una agricultura orgánica (Soroa *et al.*, 2009; Pedraza *et al.*, 2010).

Los inoculantes microbianos representan una tecnología que mejora la productividad del sistema agropecuario a largo plazo y es considerada como una tecnología limpia, alineada con principios de la agricultura sustentable, frente al aumento abusivo de la utilización de pesticidas y fertilizantes en estos últimos tiempos. Varios microorganismos son utilizados en la práctica agrícola habitual, y otros tienen potencial para ser utilizados en el futuro (Naiman *et al.*, 2009; Soroa *et al.*, 2009). Los efectos por el uso de los tratamientos biológicos pueden ser directos o indirectos (Ferrera *et al.*, 2001). Entre los primeros se

---

### PALABRAS CLAVE / Cactaceae / Especies Forestales / Germinación / Microorganismos Promotores /

---

Recibido: 26/07/2014. Modificado: 05/11/2014. Aceptado: 10/11/2014.

**Francisco Castillo-Reyes.** Ingeniero Agrónomo, Maestro en Ciencias en Fitomejoramiento y Doctor en Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México. Investigador, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,

Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México. Dirección: Campo Experimental Saltillo, INIFAP. Carretera Saltillo-Zacatecas Km 342 +119 No. 9515, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315. e-mail: reyes.francisco@inifap.gob.mx

**Juan David Sánchez Chaparro.** Ingeniero Agrónomo y Maestro en Ciencias en Horticultura, UAAAN, México. Investigador, Campo Experimental Saltillo, INIFAP, México.

**Sandra Eloisa Rangel Estrada.** Doctora en Ciencias, Colegio

de Postgraduados (COLPOS), México. Investigadora, Campo Experimental Zacatepec, INIFAP, México.

**Jaime Canul Ku.** Doctor en Ciencias, COLPOS, México. Investigador, Campo Experimental Zacatepec, INIFAP, México.

## EFFECT OF MICROORGANISMS IN PROMOTING GERMINATION OF SEEDS FROM THE CACTUS

*Echinocactus platyacanthus* LINK & OTTO

Francisco Castillo-Reyes, Juan David Sánchez Chaparro, Sandra Eloisa Rangel Estrada and Jaime Canul Ku

### SUMMARY

In recent years numerous studies have been carried out to incorporate plant growth promoter micro-organisms in agricultural production. However, there is little information about studies on the effects of these micro-organisms on forest species, especially of arid zones. The present work is focused on evaluating the effect of inoculation of *Bacillus* spp., *Trichoderma* spp., *Glo-*

*mus* intraradices and halophyte rhizobacteria on the germination of seeds of *Echinocactus platyacanthus*, a species native to Mexican semi-desert areas. Results show that microorganisms play an important role in promoting the germination process of *Echinocactus* seeds, the germination promotion by micro-organisms being higher when the seeds are washed.

## EFEITO DE MICRO-ORGANISMOS NA PROMOÇÃO DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE CACTOS

*Echinocactus platyacanthus* LINK & OTTO

Francisco Castillo-Reyes, Juan David Sánchez Chaparro, Sandra Eloisa Rangel Estrada e Jaime Canul Ku

### RESUMO

Nos últimos anos, vários estudos têm sido desenvolvidos para incorporar micro-organismos promotores do crescimento das plantas na produção agrícola. No entanto, há pouca informação sobre os estudos dos efeitos de dichos micro-organismos em espécies florestais, especialmente de zonas áridas. O presente trabalho está focado em avaliar o efeito da inoculação de *Bacillus* spp., *Trichoderma* spp., *Glomus* intraradices

e rizobactérias halófitas na germinação de sementes de *Echinocactus platyacanthus*, uma espécie nativa de semi-deserto mexicano. Os resultados mostram que os microrganismos desempenham um papel importante na promoção do processo de germinação das espécies *Echinocactus*, sendo maior promoção da germinação por micro-organismos quando as sementes são lavadas.

encuentran la fijación de nitrógeno atmosférico, la absorción incrementada de agua y nutrientes, y la producción de reguladores del crecimiento tales como auxinas, citocininas y giberelinas (Vance y Gantt, 1992; Montaña *et al.*, 2010; Gómez *et al.*, 2013; Rivera y Wright, 2013). Estas hormonas pueden afectar el pool hormonal endógeno de la planta modificando la morfología, la superficie y la actividad enzimática radical, así como también el crecimiento de la parte aérea. Entre los efectos indirectos se incluyen la producción de sustancias que inhiben el desarrollo de patógenos vegetales con la consiguiente ventaja para el cultivo (Loredo *et al.*, 2004; Guillen *et al.*, 2006; Castillo *et al.*, 2010; Gómez *et al.*, 2013). Los exudados radiculares, formados por azúcares, mucigel, ácidos orgánicos y aminoácidos, pueden conformar hasta un 40% de los fotosintatos de la planta (Whipps, 2001), lo cual cambia la composición del suelo en la vecindad de la raíz, creando un medio selectivo

para la existencia de grandes poblaciones microbianas heterótrofas, que establecen diferentes interacciones con la planta, tanto positivas (promotoras de la germinación y/o del crecimiento vegetal), como negativas (patogénicas) y neutrales (Ahmad *et al.*, 2008).

Los aspectos relevantes para la selección de *Echinocactus platyacanthus* son debido a que es una especie en la cual sus plantas pueden llegar alcanzar hasta los 2m de altura y 80cm de diámetro (Jiménez y Torres, 2003), además de que se utiliza para consumo humano y como forraje y su escasa capacidad para recuperar el tamaño de sus poblaciones después de su perturbación. Todo ello hace que sea necesario el establecimiento de cultivos o programas que garanticen su uso sostenido. Dado a que diversos trabajos señalan el efecto benéfico del uso de agentes microbianos en la promoción del proceso de germinación en diferentes especies vegetales, el objetivo de este trabajo fue evaluar el

efecto de diversos microorganismos promotores del crecimiento vegetal (MPCV) introducidos en el proceso de germinación en semillas de cactáceas empleando la especie *E. platyacanthus*.

### Materiales y Métodos

#### Área de estudio

El trabajo de campo se realizó en el invernadero de plantas ornamentales del Campo Experimental Saltillo, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (CES-INIFAP), en la región sureste del estado de Coahuila, México, en el desierto Chihuahuense.

#### Especie utilizada

La especie utilizada, *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto, es endémica de México y sus plantas son susceptibles de ser colectadas con fines ornamentales. La cosecha de las semillas se llevó a cabo en el Sitio Experimental 'La Saucedá',

CES-INIFAP, durante 2013. El sitio está localizado en el Municipio Ramos Arizpe del Estado de Coahuila, México, en 101.31588528O y 25.84724417N.

#### Efecto de MPCV en el proceso germinativo

Inmediatamente después de la recolección de los frutos (agosto 2013) se extrajeron sus semillas, las que fueron almacenadas en frascos de vidrio transparente en un lugar fresco y seco a temperatura ambiente. Para la evaluación de la germinación se empleó un diseño experimental al azar formado por un factorial de 3×5 que consistió en: 1) lavado y sanitizado de semilla, 2) forma de aplicación del microorganismo a la semilla (adherido a la semilla o agregado al sustrato), 3) uso de cubierta en el proceso de germinación. Los microorganismos utilizados fueron una mezcla de *Trichoderma asperellum*, *T. harzianum* y *T. yunnanense*, una mezcla de *Bacillus subtilis*, *B. amyloliquefaciens*, *B.*

*liqueniformis*, *B. megaterium* y *B. mycooides*, micorriza (*Glomus intraradices*), rizobacterias halófitas, y agua (testigo). La unidad experimental consistió de 30 semillas y se realizaron cuatro repeticiones por tratamiento.

Previo al establecimiento del experimento, las semillas a ser tratadas se lavaron en masa en una solución de hipoclorito de sodio al 10% durante 5min. Posteriormente las semillas fueron enjuagadas tres veces en agua destilada, se dejaron secar a temperatura ambiente (25°C) y fueron distribuidas en charolas germinativas separadas de acuerdo a los diferentes factores bajo estudio, que fueron: 1) semilla lavada y desinfectada, microorganismo agregado al sustrato y uso de cubierta protectora de humedad; 2) semilla sin lavar, microorganismo adherido a la semilla y uso de cubierta protectora de humedad; y 3) semilla lavada y desinfectada, microorganismo adherido a la semilla y sin cubierta protectora de humedad. Las charolas germinativas se mantuvieron dentro de un invernadero cenital de ventilación pasiva bajo condiciones ambientales imperantes durante su desarrollo. La temperatura diaria osciló entre 5°C como mínima y 40°C como máxima. Las cajas fueron revisadas diariamente para su evaluación al cuantificar el número de semillas germinadas (con radícula visible). El periodo de

observación fue de 20 días, debido a que al llegar a ese tiempo los porcentajes de germinación se estabilizaron.

#### Variables evaluadas

Las variables de respuesta fueron 1) porcentaje de germinación, estimado sobre el total de semillas sembradas en cada unidad experimental, y 2) tiempo medio de germinación ( $t_{50}$ ), o tiempo transcurrido a partir de la siembra, hasta el percentil 50 de semillas germinadas (Ellis y Roberts, 1980).

#### Análisis estadísticos

Los datos obtenidos de porcentaje de germinación se sometieron a un análisis de varianza y prueba de medias (Duncan;  $p>0,05$ ) mediante el software estadístico SAS 9.3.

### Resultados y Discusión

#### Efecto de MPCV en semilla lavada, agregados al sustrato y uso de cubierta protectora

Al evaluar el efecto de microorganismos estimuladores del crecimiento vegetal en la germinación de semilla de cactácea lavadas, agregados al sustrato y uso de cubierta protectora, el análisis de varianza detectó diferencias estadísticas significativas ( $P>0,0001$ ) en el porcentaje de germinación entre los tratamientos biológicos y el

tratamiento control excepto para *G. intraradices*. El tratamiento que presentó el mayor porcentaje de germinación fue *Trichoderma* spp., seguido de *Bacillus* spp., en contraste con el testigo a base de solo agua con 58, 54 y 34% respectivamente (Figura 1); es decir, el uso de MPCV promueve la promoción del proceso de germinativo en semillas lavadas de la cactácea *E. platyacanthus*. Este porcentaje de germinación pudiera estar influenciado por el intervalo de temperatura prevaleciente durante el proceso de germinación que fue de 5-40°C, y según lo señalan diferentes autores la mayoría de las cactáceas tienen una germinación máxima a los 25°C y ésta disminuye a un 50% en los extremos de 17 y 34°C (Martínez, 1983; Del Castillo, 1986; Arredondo y Camacho, 1995; Rojas *et al.*, 1998; De la Barrera y Nobel, 2003; Flores *et al.*, 2004). Sin embargo, los resultados muestran un porcentaje mayor en las semillas tratadas con los MPCV, lo que indica que existe un efecto directo de los microorganismos sobre la estimulación de germinación. Este efecto puede ser por los diversos compuestos químicos producidos por dichos microorganismos, tal como la producción de reguladores del crecimiento, entre ellos auxinas, citocininas y giberelinas (Vance y Gantt, 1992; Montañó *et al.*, 2010; Gómez *et al.*, 2013;

Rivera y Wright, 2013). Nuestros resultados son similares a los de Delgado *et al.* (2010a, b) quienes señalan que las semillas en el suelo interactúan con microorganismos que pueden romper la latencia de las semillas, dado a que los hongos al atacar la testa la escarifica sin afectar el endocarpio y de esta manera se puede reducir la resistencia mecánica para que la germinación de semillas con latencia fisiológica ocurra promoviendo el desarrollo del embrión.

#### Efecto de MPCV en semilla sin lavar, con cubierta protectora

Al evaluar el efecto en la germinación de semilla de cactácea sin lavar y adsorbidos a la semilla con cubierta protectora, el análisis de varianza no detectó diferencias significativas ( $P>0,01$ ) en el porcentaje de germinación entre tratamientos, el porcentaje varió de 14 a 43%; es decir, el uso de MPCV no provocó la promoción en la aceleración en el proceso de germinación en semillas de la cactácea *E. platyacanthus*, sin lavar y adsorbidos a ésta. Los tratamientos que presentaron el mayor porcentaje de germinación fueron *G. intraradices* y *Bacillus* spp. seguidos del testigo a base de solo agua con 43, 30 y 29% respectivamente (Figura 2). Los

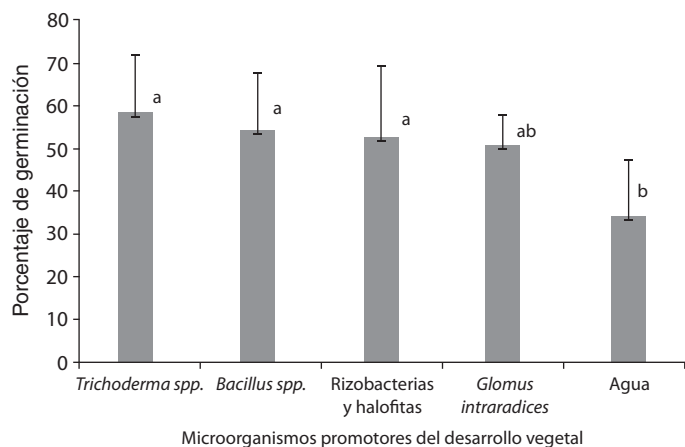


Figura 1. Efecto de los MPCV en el porcentaje de germinación de semillas de la cactácea *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto, cuando se usan en semilla lavada, agregados al sustrato y con cubierta protectora. Letras diferentes muestran diferencias significativas entre tratamientos.

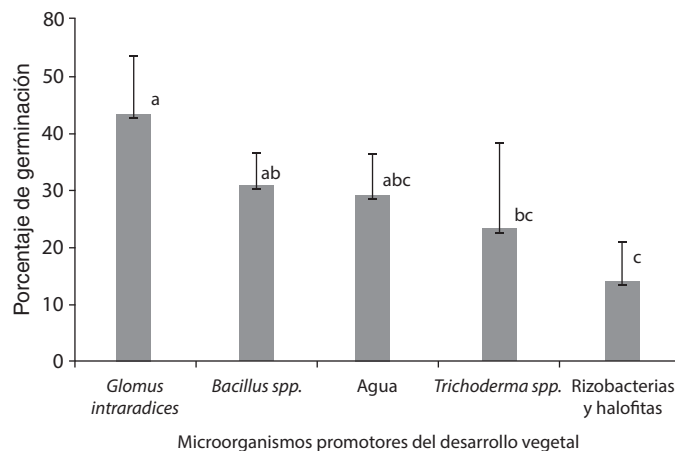


Figura 2. Efecto de los MPCV en el porcentaje de germinación de semillas de la cactácea *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto, cuando se usan en semilla no lavada, adsorbidos a la semilla y con cubierta protectora. Letras diferentes muestran diferencias significativas entre tratamientos.

resultados en el porcentaje de germinación son de comportamiento menor de 50% a los obtenidos en este estudio por efecto de MPCV en la germinación de semilla de cactácea lavadas, agregados al sustrato y uso de cubierta protectora. Estas diferencias pudieran deberse a que los componentes de la fórmula del biopreparado adsorbidos a la semilla interfieren en el proceso de absorción de agua. El agua está considerada como el principal factor limitante del crecimiento en los ecosistemas naturales y artificiales (Landis *et al.*, 1999). Su presencia regula casi cualquier proceso vegetal, como la fotosíntesis, el proceso de germinación, etc., que disminuye drásticamente conforme aumenta la escasez de agua (Kramer, 1983) y por lo tanto disminuye el potencial hídrico (Spomer, 1985).

#### Efecto de MPCV en semilla lavada sin cubierta protectora

En el caso del estudio del efecto de la aplicación de MPCV en la germinación de semilla de cactácea lavadas y adsorbidos a la semilla sin cubierta protectora, el análisis de varianza no detectó

diferencias en el porcentaje de germinación entre tratamientos cuando no se emplea la cubierta protectora, aun cuando la semilla es lavada, siendo dicho porcentaje igual a 0% en todos los tratamientos; es decir, el uso de tales microorganismos no promueve la aceleración en el proceso de germinación en semillas de la cactácea *E. platyacanthus*, sin lavar y adsorbidos a ésta cuando no se coloca la cubierta protectora. Los resultados muestran que la cubierta es indispensable para que ocurra el proceso germinativo al generar un microambiente húmedo, ya que la cubierta provoca que se tenga una alta humedad relativa la cual es necesaria para que ocurra la germinación. Además, para que ocurra una infección fungosa se requiere humedad disponible sobre la superficie donde el hongo crece (Godoy *et al.*, 2007; Ortiz-Catón *et al.*, 2011).

#### Interacción del lavado, forma de incorporación al sustrato y uso de cubierta

Al estudiar la interacción entre el efecto del lavado, la forma de incorporación del microorganismo al sustrato y el uso de cubierta protectora en el

proceso de germinación, el análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas ( $P > 0.0001$ ) por efecto de las variables lavado (con hipoclorito de sodio), forma de incorporar el microorganismo (adherido a la semilla o al sustrato) y uso de cubierta protectora en la germinación de semillas de *E. platyacanthus* (Figura 3).

#### Conclusion

Las semillas lavadas de *E. platyacanthus* germinaron en mayor porcentaje cuando fueron inoculadas con microorganismos promotores del crecimiento vegetal pertenecientes a las especies de *Trichoderma* spp., *Bacillus* spp., *Glomus intraradices* y rizobacterias halófilas. En cambio, las semillas sin lavar germinaron en mayor porcentaje cuando fueron inoculadas con *G. intraradices* y *Bacillus* spp., aunque estadísticamente no fueron distintas del tratamiento control. Estos resultados muestran que los microorganismos no nativos juegan un papel importante en la promoción del proceso de germinación de las especies de *Echinocactus* y posiblemente con mayor eficiencia los nativos, al actuar como promotores

e inductores de posibles hormonas necesarias en la germinación y rompimiento de la fuerza mecánica integrada en la testa producto de la acción enzimática. Esto contribuye al conocimiento de la biología de la germinación de esta especie de cactus al permitir conocer cómo se puede incrementar el vigor de la germinación, el enraizamiento y la tolerancia a sequía, lo que en un programa de reforestación pudiera incrementar el éxito de sobrevivencia de las plantas trasplantadas en el área reforestada.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias al soporte financiero otorgado al proyecto "Generación de Tecnologías para la Propagación de Nochebuena y Cactáceas Ornamentales de Importancia Comercial".

#### REFERENCIAS

- Ahmad F, Ahmad I, Khan MS (2008) Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. *Microbiol. Res.* 163: 173-181.
- Alanís FGJ, Velasco MCG (2008) Importancia de las cactáceas como recurso natural en el noroeste de México. *Ciencia UANL II*: 5-11.
- Arias MS (1997) Distribución general. En Valles Septien C (Ed.) *Suculentas mexicanas. Cactáceas*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Universidad Nacional Autónoma de México. Centro Universitario de Comunicación de la Ciencia. CVS Publicaciones. México. pp. 17-25.
- Arredondo GA, Camacho MF (1995) Germinación de *Astrophytum myriostigma* (Lemaire) en relación con la procedencia de las semillas y la temperatura de incubación. *Cact. Sucul. Mex.* 40: 34-38.
- Arreola NHJ (1997) Formas de vida y características morfológicas. En Valles Septien C (Ed.) *Suculentas mexicanas. Cactáceas*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos

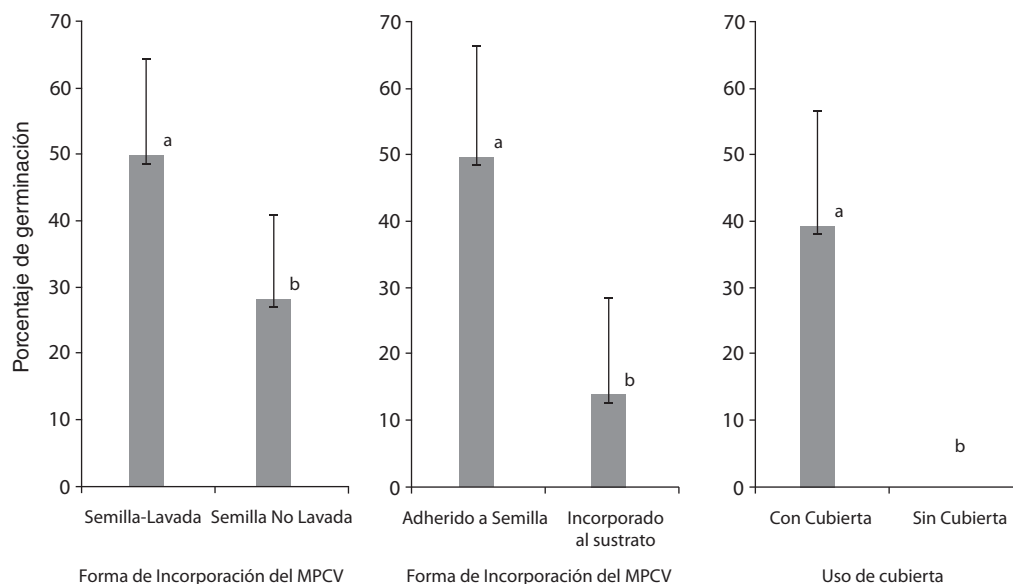


Figura 3. Efectos medios del sanitizado, forma de agregar al biológico y uso de cubierta en la germinación de semillas de *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto, en interacción con microorganismos PCV. Letras diferentes muestran diferencias significativas entre tratamientos.

- Naturales y Pesca. Universidad Nacional Autónoma de México. Centro Universitario de Comunicación de la Ciencia. CVS Publicaciones. México. pp. 27-35.
- Castillo F, Hernández D, Gallegos G, Méndez M, Rodríguez R, Reyes A, Aguilar N (2010) *In vitro* antifungal activity of plant extracts obtained with alternative organic solvents against *Rhizoctonia solani* Kühn. *Ind. Crop Prod.* 32: 324-328.
- De la Barrera E, Nobel PS (2003) Physiological ecology of seed germination for the columnar cactus *Stenocereus queretaroensis*. *J. Arid Environ.* 53: 297-306.
- Del Castillo RF (1986) Semillas, germinación y establecimiento de *Ferocactus histrix*. *Cact. Sucul. Mex.* 31: 5-11.
- Delgado SP, Ortega-Amaro MA, Rodríguez-Hernández AA, Jiménez-Bremont JF, Flores J (2010a) Further evidence from the effect of fungi on breaking *Opuntia* seed dormancy. *Plant Signal. Behav.* 5: 1229-1230.
- Delgado SP, Ortega-Amaro M, Jiménez-Bremont JF, Flores J (2010b) Are fungi important for breaking seed dormancy in desert species? Experimental evidence in *Opuntia streptacantha* (Cactaceae). *Plant Biol.* 13: 154-159.
- Doria J (2010) Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cult. Trop.* 31: 74-85.
- Ellis RH, Roberts EH (1980) Towards a rational basis for testing seed quality. In Hebblethwaite PD (Ed.) *Seed Production*. Butterworths. Londres, RU. pp. 605-635.
- Enríquez PEG, Suzán AH, Malda BG (2004) Viabilidad y germinación de semillas de *Taxodium mucronatum* (Ten.) en el estado de Querétaro, México. *Agrociencia* 38: 375-381.
- Faccini D, Puricelli, E (2006) Effect of temperature and the light on germination of *Nicotiana longiflora* Cavanilles and *Oenothera indecora* Camb. *Agriscientia* 23: 15-21.
- Ferrera CR, Alarcón A (2001) La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *Ciencia Ergo Sum* 8: 176-183.
- Flores J, Briones O, Flores A, Sánchez-Colón S (2004) Effect of predation and solar exposure on the emergence and survival of desert seedlings of contrasting life-forms. *J. Arid Environ.* 58: 1-18.
- García MLJ, González-Botello MA, González GRH (2014) *Ancistrocactus pinkavana* a new species from Northern Mexico. *Acta Suc.* 2: 27-44.
- Godoy JC, Valera RE, Guédez C, Cañizales LM, Castillo C (2007) Determinación de temperatura y humedad óptima para la germinación y esporulación de cinco aislamientos de *Beauveria bassiana*. *Rev. Fac. Agron. LUZ* 24: 415-425.
- Gómez RM, Villegas J, Sáenz-Romero C, Lindig-Cisneros R (2013) Effect of mycorrhization in the establishment of *Pinus pseudostrobus* in gullies. *Madera Bosques* 19(3): 51-63.
- Guillen CR, Hernández CFD, Gallegos MG, Rodríguez HR, Aguilar GCN, Padrón CE (2006) *Bacillus* spp. as biocontrol in infested soils with *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani* Kühn and *Phytophthora capsici* Leonina and its effect on development and yield of pepper (*Capsicum annuum* L.). *Rev. Mex. Fitopatol.* 23: 105-113.
- Hernández HM, Godínez AH (1994) Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Bot. Mex.* 26: 33-52.
- Hernández JG, Chávez RJ, Sánchez E (2007a) Diversidad y estrategias para la conservación de cactáceas en semidesierto Queretano. *CONABIO: Biodiversitas* 70: 6-9.
- Hernández JG, Chávez-Martínez RJ, Sánchez-Martínez E (2007b) Factores de riesgo en las Cactácea amenazadas de una región semiárida en el sur del desierto Chihuahuense, México. *Interciencia* 32: 728-734.
- Jiménez SCL, Torres OBR (2003) Estado actual de las poblaciones de la biznaga dulce *Echinocactus platyacanthus* (Cactaceae) en el SE de Puebla. *Contactos* 47: 28-34.
- Kramer PJ (1983) *Water Relations of Plants*. Academic Press. Nueva York, EEUU. 489 pp.
- Landis TD, Tinus RW, McDonald SE, Barnet JP (1999) *The Container Tree Nursery Manual. Seedling Propagation*. USDA Forest Service. Washington, DC, EEUU. 674 pp.
- Loredo OC, López-Reyes L, Espinosa-Victoria D (2004) Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: Una revisión. *TERRA Latinoam.* 22: 225-239.
- Mápula LM, López UJ, Vargas HJJ, Hernández LA (2008) Germination and vigor of seed in *Pseudotsuga menziesii* de México. *Ra Ximbi* 4: 119-134.
- Martínez HE (1983) Germinación de semillas de *Stenocereus griseus* (Haw.) Buxbaum (Pitayo de Mayo). *Cact. Sucul. Mex.* 28: 51-56.
- Méndez M, Dorantes A, Dzib G, Argáez J, Durán R (2006) Germinación y establecimiento de plántulas de *Pterocereus gaumeri*, una cactácea columnar, rara y endémica de Yucatán, México. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 79: 33-41.
- Montaño N, Sandoval A, Camargo S, Sánchez J (2010) Los microorganismos: pequeños gigantes. *Elementos* 77: 15-23.
- Muro PG, Jurado E, Flores J, Sánchez-Salas J (2013) Effect of seed density in the germination of three species of *Astrophytum* (Cactaceae). *Gayana Bot.* 70: 26-30.
- Naiman AD, Latronico AE, García de Salamone IE (2009) Inoculation of wheat with *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens*: impact on the production and rhizospheric microflora. *Eur. J. Soil Biol.* 45: 44-51.
- NOM (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*. Dario Oficial de México. 30/12/2010.
- Ortiz Catón M, Alatorre Rosas R, Valdivia Bernal R, Ortiz Catón A, Medina Torres R, Alejo Santiago G (2011) Efecto de la temperatura y humedad relativa sobre el desarrollo de los hongos entomopatógenos. *Biociencias* 1(2): 42-53.
- Pedraza RO, Teixeira KRS, Fernández Scavino A, García de Salamone I, Baca BE, Azcón A, Baldani VLD, Bonilla R (2010) Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. *Corpoica-Cienc. Tecnol. Agropec.* 11: 155-164.
- Pérez GSB (2013) *Viviparidad, Germinación y Supervivencia en Stenocereus thurberi* (Cactácea). Tesis. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 92 pp.
- Razz GR, Clavero CT (2003) Effect of scarification, soaking and storage time on germination of *Pithecellobium dulce*. *Rev. Fac. Agron. LUZ* 20: 180-187.
- Rivera MC, Wright ER (2013) Interactions among plant pathogens and beneficial rhizosphere microorganisms. En García de Salamone IE, Vázquez S, Penna C, Cassan F (Eds.) *Rizosfera, Biodiversidad y Agricultura Sustentable*. Asociación Argentina de Microbiología. Buenos Aires, Argentina. pp. 33-46.
- Rojas AM, Vázquez YC, Orozco SA (1998) Seed response to temperature of Mexican cacti species from two life forms: an ecophysiological interpretation. *Plant Ecol.* 135: 207-214.
- Sánchez SB, Reyes-Olivas A, García-Moya E, Terrazas T (2010) Germinación de tres cactáceas que habitan la región costera del noroeste de México. *Interciencia* 35: 299-305.
- Sobrevilla SJA, López-Herrera M, López-Escamilla AL, Romero-Bautista L (2013) Evaluación de diferentes tratamientos pregerminativos y osmóticos en la germinación de semillas de *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd) M. C. Johnston. Pulido-Flores G, Monk SD (Eds.) *Estudios Científicos en el Estado de Hidalgo y Zonas Aledañas*. <http://digitalcommons.unl.edu/hidalgo/12>.
- Soroa BMR, Hernández-Fernández A, Soto-Carreno F, Terry-Alfonso E (2009) Identificación de algunas especies de microorganismos benéficos en la rizosfera de gerbera y su efecto en la productividad. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 15: 41-48.
- Spomer LA (1985) Techniques for measuring plant water. *Hort Science* 20: 1021-1028.
- Valverde PL, Zavala-Hurtado JA, Jiménez-Sierra C, Rendón-Aguilar B, Cornejo-Romero A, Rivas-Arancia S, López-Ortega G, Pérez-Hernández MA (2009) Evaluación del riesgo de extinción de *Mammillaria pectinifera*, cactácea endémica de la región de Tehuacán-Cuicatlán. *Rev. Mex. Biodiv.* 80: 219-230.
- Vance C, Gantt J (1992) Control of nitrogen and carbon metabolism in root nodules. *Physiol. Plant.* 85: 266-274.
- Whipps JM (2001) Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere. *J. Exp. Bot.* 52: 487-511.