

Uso de microorganismos de montaña en la germinación y el desarrollo de plántulas pepino

Use of mountain microorganisms in the germination and development of cucumber seedlings

Tarsicio Medina Saavedra¹, Lilia Mexicano Santoyo¹, Patricia Rafael Martínez¹, Damián Salvador Rangel Campos¹, Natalia Martínez Ayala¹, Victoria Machuca Jiménez¹ Mariana Guadalupe, Ramírez Gonzalez¹ y Víctor Manuel Delgado García¹

¹Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad de Guanajuato, Privada Arteaga s/n, Col. Centro, C.P.38900, Salvatierra, Gto. tarsicioms@ugto.mx

Resumen

En la actualidad existe una mayor demanda de alimentos, debido al aumento en la población, lo que ha provocado un uso intensivo de los recursos naturales y el uso de plaguicidas y antibióticos en semilleros, esto impacta negativamente en el ambiente y afecta la sostenibilidad de los sistemas productivos. Por lo tanto, es necesario buscar sistemas más sostenibles. Una alternativa es el uso de la agricultura orgánica que utiliza fertilizantes orgánicos y microorganismos benéficos. En este sentido, los microorganismos pueden incrementar el crecimiento y la productividad de los cultivos. Debido a esto, el objetivo de esta investigación fue aplicar microorganismos de montaña en semillero y evaluar su efecto sobre la germinación y desarrollo de las plántulas de pepino (*Cucumis sativus* L.). Para dar cumplimiento a este objetivo, primeramente, se recolectaron microorganismos del cerro de Culiacán y se reactivaron en fase sólida y líquida. A partir de la fase líquida se prepararon dos concentraciones (10% y 20%) que fueron aplicadas en el riego. Los tratamientos aplicados en el semillero fueron, T1: arena; T2: arena + MM; T3: arena + peat moss; T4: arena + peat moss + MM; T5: peat moss y T6: peat moss + MM. Los resultados muestran que no hay diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en % germinación. En relación con las variables medidas, solo se obtuvieron efectos positivos al adicionar MM en el número de hojas y altura de la plántula.

Palabras clave: Microorganismos eficientes, agricultura orgánica, semillero.

Introducción

El incremento de la población mundial, asociado a una mayor demanda de alimentos, ha provocado un uso intensivo de los recursos naturales (Benzing, 2001), además del uso de plaguicida y antibióticos en semilleros, así como de fertilizantes y plaguicidas durante la producción (Doménech, 2004; Karlidag *et al*, 2009); esto ha producido impactos negativos en el ambiente y ha afectado la sostenibilidad de los sistemas productivos (Ramos *et al*, 2014). La sostenibilidad e inocuidad de los alimentos son motivo de preocupación para productores y consumidores, quienes exigen de modo creciente acceso a productos que contribuyan a una alimentación sana y nutritiva (Murillo *et al*, 2015; Hu *et al*, 2018). Esta tendencia sobre el consumo de alimentos sanos y la preocupación por temas ambientales hacen necesaria la búsqueda de sistemas de producción limpios y sostenibles, como es el caso de producción orgánica, la cual hace uso de insumos como fertilizantes orgánicos y microorganismos eficientes, entre otros (Medina *et al*, 2010; Viteri *et al*, 2012; Murillo *et al*, 2015; Castro, 2018; Hu *et al*, 2018; Fan *et al*, 2018). En este sentido, los microorganismos eficientes surgieron como una alternativa al uso excesivo de agroquímicos, ya que producen sustancias útiles que incluyen aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares (Sandoval-Reyes *et al*, 2017; Ramírez Marrache, 2019). El uso de microorganismos eficientes incrementa tanto el crecimiento como la productividad del cultivo, calidad, la floración, fructificación y maduración (Medina y Talavera, 2014) e incrementa la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar (Suchini, 2012). Los principales beneficios para los cultivos se originan en el mantenimiento de la materia orgánica durante la etapa de crecimiento, los macro y micronutrientes solubles están más disponibles a causa de la rápida descomposición de las macromoléculas que los liberan (Medina y Talavera, 2014). Dentro de los géneros de microorganismos que se pueden encontrar de manera natural en los ecosistemas son principalmente hongos, bacterias y levaduras (Vinces, 2014). Estos microorganismos eficientes o de montaña pueden reproducirse de manera artesanal, no requiere medios de crecimiento sofisticados. Finalmente, el uso de microorganismos de montaña en la agricultura permite aprovechar la diversidad microbiana de las zonas boscosas para otorgarle un beneficio a los cultivos durante su crecimiento y desarrollo (Castro Barquero *et al*, 2015). El objetivo de

esta investigación fue aplicar microorganismos de montaña en semillero y evaluar su efecto sobre la germinación y desarrollo de las plantas (*Cucumis sativus* L.).

Materiales y Métodos

Recolección de microorganismos de montaña

La captura de MM consistió en recolectar 3 Kg hojarasca en estado descomposición del cerro de Culiacán ubicado en Salvatierra, Guanajuato, México con coordenadas (20°20'20"N 100°58'13"O a 2,830 msnm) y se colocaron en un recipiente cerrado para su posterior reproducción.

Reactivación de los Microorganismos de montaña (MM) fase sólida y líquida

La hojarasca fue colocada en un recipiente de 20 L y se mezcló con 4 kg de harina de maíz, 3L de suero de leche, 4 kg de melaza y 2 litros agua hasta obtener una mezcla homogénea. Posteriormente se realizó la prueba de puño, la cual se utiliza para verificar la humedad en el sustrato. Finalmente, la mezcla fue compactada en un recipiente de 20 L, el recipiente fue cerrado y sellado para evitar la presencia de oxígeno y se reservó hasta su uso.

Para la reactivación de los microorganismos se utilizó un recipiente que contenían 150 mL de melaza disuelta en 20 L de agua no clorada. 500g de MM en fase sólida se envolvió en manta cruda 500g de MM en fase sólida y se sumergió en el recipiente. Finalmente se incorporó oxígeno al líquido mediante una bomba para pesera por un periodo de 24 h.

Aplicación de tratamientos

Se utilizaron semilleros de 200 cavidades donde fueron colocados los siguientes sustratos, T1: arena; T2: arena + MM; T3: arena + peat moss; T4: arena + peat moss + MM; T5: peat moss y T6: peat moss + MM. La semilla de pepino fue lavada con agua para eliminar algún fungicida que pudiera contener y en seguida se sembrada en cada una de las cavidades en el sustrato previamente humedecido a capacidad de campo. Los tratamientos consistieron en aplicar MM en el agua de riego a una concentración de 20% v/v. Se utilizó agua simple como control. Cada unidad experimental consistió en 30 plantas por tratamiento (5 repeticiones por tratamiento).

Determinación del porcentaje de germinación y velocidad de emergencia

El porcentaje de germinación se determinó con la siguiente ecuación:

$$\%G = \frac{\text{No. Semillas germinadas}}{\text{No. total de semillas sembradas}} * 100$$

La velocidad de emergencia se evaluó durante un periodo de 15 días y se consideró como plántula emergida aquellas que presentaron los dos cotiledones por encima de la superficie del sustrato. La velocidad de emergencia se obtuvo sacando la raíz a los valores de porcentaje de germinación de cada uno de los días evaluados.

Evaluación de parámetros agronómicos

Treinta días después de que la plántula emergería se procedió a evaluar las variables de grosor de tallo (GT), número de hojas (NH), altura de la plántula (AP) y longitud de la raíz (LR) utilizando un vernier digital.

Análisis de los datos

Para el análisis de los datos se realizó un ANOVA con un $\alpha=0.05$ y una prueba de Tukey para la comparación de medias utilizando el software Graph Pad Prism versión 8. Los datos se presentan como la media de cinco repeticiones \pm la desviación estándar.

Resultados y Discusión

Porcentaje de germinación

En la Figura 1 se muestra el porcentaje de germinación de las plántulas con diferentes tratamientos aplicados en el semillero, donde se puede observar que no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p>0.05$). Lo que sugiere que la aplicación de MM en el semillero no influye en la germinación de las semillas.

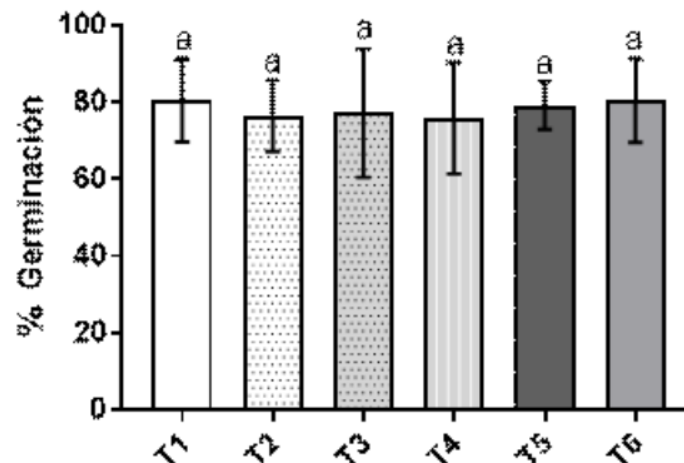


Figura 1. Porcentaje de germinación en semillas de pepino al aplicar tratamientos de T1: arena; T2: arena + MM; T3: arena + peat moss; T4: arena + peat moss + MM; T5: peat moss y T6: peat moss + MM en semillero.

Castillo-Reyes *et al.* (2014) reportan un buen porcentaje de germinación en semillas de *E. platyacantus* al ser inoculadas con microorganismos promotores del crecimiento vegetal pertenecientes a las especies de *Trichoderma* spp., *Bacillus* spp., *Glomus intraradices* y rizobacterias halófilas. Sin embargo, estos tratamientos fueron estadísticamente iguales al control. Un efecto similar de obtuvo en el presente trabajo, ya que no se observaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Por otro lado, Marquina *et al.* (2018) obtuvieron porcentajes de germinación mayores a 97% al aplicar *Sinorhizobium* sp., *Azospirillum* sp. y *Bradyrhizobium* sp., 88% y 92% al aplicar *Rhizobium tropici* y *Sinorhizobium* sp., respectivamente. Los autores comentan que las cepas aumentaron el porcentaje de germinación de las semillas entre un 13 y 23 %. Mientras que Castillo *et al.* (2022) reportan un mayor porcentaje de germinación en semillas de *A. victoriae-reginae* tratadas con *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. con respecto al control. De acuerdo con las investigaciones antes mencionadas se puede sugerir que no todos los microorganismos o todas las cepas estimulan la germinación de las semillas, que las cepas que se encuentran en los MM y que fueron aplicados en el presente trabajo no estimulan el proceso de germinación, o bien, que la concentración aplicada y las veces en que se aplicaron pudieron haber causado un efecto negativo al esperado.

Velocidad de emergencia (VE)

En la Figura 2 se observa que la mejor velocidad de emergencia se observó al aplicar T3, con un incremento constante con el paso de los días hasta llegar a una VE=9.36 en el día 7. Durante el día tres se observaron diferencias entre tratamientos, siendo T3 (7.90) y T5 (8.13) los valores más altos y T1 (6.51) el menor valor en VE. Sin embargo, el comportamiento fue similar en todos los tratamientos aplicados, hubo un incremento

con el paso de los días y no se observaron diferencias estadísticas entre estos durante los días dos, y del cuatro al ocho.

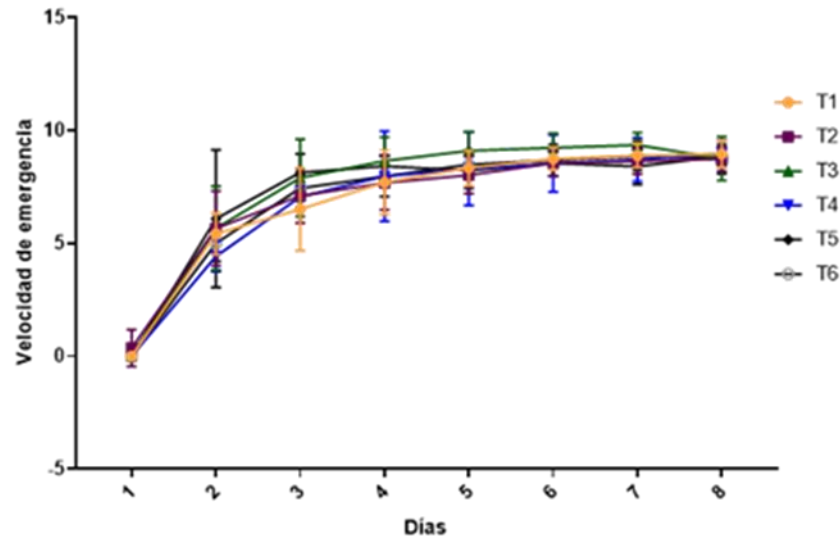


Figura 2. Velocidad de emergencia en semillas de pepino al aplicar tratamientos de T1: arena; T2: arena + MM; T3: arena + peat moss; T4: arena + peat moss + MM; T5: peat moss y T6: peat moss + MM en semillero.

Se ha informado que pretratamientos de semillas con la inoculación de microorganismos eficientes (ME) pueden mejorar la velocidad de emergencia en las semillas, sin embargo, su eficiencia puede variar de acuerdo con la concentración aplicada (Santos *et al*, 2020). Los autores reportan velocidades de emergencia de 51.3, 51.2 y 16.2 al inocular semillas de pasto con concentraciones de 1 %, 2 % y 100 % de ME, respectivamente. En este sentido, Cardoso *et al*. (2014) comenta que altas concentraciones de ME y largos periodos de inmersión pueden suprimir la germinación y por consiguiente la VE en las semillas de pasto. Lo que sugiere que quizá las concentraciones aplicadas fueron muy altas como para promover una mejor germinación y velocidad de emergencia en las semillas de pepino, por lo cual sería necesario evaluar menores concentraciones de microorganismos en el riego, o realizar solo la inoculación antes de la siembra.

Parámetros agronómicos en plántulas

En la Tabla 1 se presentan los resultados correspondientes a GT, NH, AP y LR en plántulas de pepino, donde se puede observar que no se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos en las variables de GT y LR. El mayor número de hojas se observó con el tratamiento T6 y T3. Finalmente, la mayor altura de la plántula se encontró con T3 seguido de los tratamientos T4, T5 y T6.

Tabla 1. Parámetros agronómicos de plántulas de pepino con aplicación de diferentes tratamientos en semillero.

Tratamiento	GT	NH	AP	LR
T1	0.21 ± 0.05 ^a	3.33 ± 1.75 ^a	6.67 ± 5.04 ^a	4.84 ± 1.60 ^a
T2	0.22 ± 0.05 ^a	3.47 ± 1.75 ^a	6.78 ± 4.28 ^a	4.58 ± 1.10 ^a
T3	0.23 ± 0.07 ^a	3.94 ± 2.17 ^{ab}	7.57 ± 5.34 ^b	4.68 ± 1.66 ^a
T4	0.22 ± 0.05 ^a	3.64 ± 2.28 ^a	7.04 ± 4.99 ^{ab}	4.90 ± 1.84 ^a
T5	0.23 ± 0.06 ^a	3.68 ± 2.10 ^a	6.95 ± 4.33 ^{ab}	4.29 ± 1.65 ^a
T6	0.23 ± 0.06 ^a	4.02 ± 2.14 ^b	6.99 ± 4.47 ^{ab}	4.84 ± 1.92 ^a

Letras diferentes en la misma columna indican que no existe diferencia estadística significativa entre ellos. GT: grosor del tallo, NH: número hojas, AP: altura de la plántula, LR: longitud de la raíz.

Los resultados muestran que la aplicación de MM influye sobre en crecimiento y desarrollo de las plántulas. En este sentido, Calero *et al.* (2019) informan que la aplicación de microorganismos eficientes (ME) incrementó el grosor del tallo en plántulas de tomate de tres variedades (89.29% - 150%), la altura de la plántula (58% - 65%) y el número de hojas (36% - 41.32%) 14 días después de la germinación. Además, González *et al.* (2017) informan que la aplicación de un biopreparado (*Trichoderma harzianum*, *Enterobacter aerogenes*, *Azotobacter sp.*, *Bacillus mycoides* y *Microbacterium sp*) contribuyo sobre el incremento en el número de hojas, longitud de la raíz, longitud del tallo, número de raíces en plantas de lechuga, papaya, arveja y arroz. También comentan que el efecto sobre estas variables es debido a que los ME estimulan la producción de hormonas como las auxinas y citoquininas. Este fenómeno fue observado en el presente trabajo, aunque en menor proporción, ya que se observó una mayor altura y número de hojas al aplicar MM en el semillero mediante el riego.

Conclusión

La aplicación de MM en el riego no influye sobre el porcentaje de germinación de las semillas de pepino. Por otra parte, los resultados muestran que el uso de peat moss o bien, su combinación con MM favorece a una VE más constante con el paso del tiempo y además de que favorecen a un mejor crecimiento y desarrollo de las plántulas, de tal manera que se podrían obtener plántulas más vigorosas para su establecimiento en suelo al momento del trasplante.

Bibliografía/Referencias

- Benzing, A. (2002). Agricultura Técnica, 62(3), 485-486. <https://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072002000300014>
- Calero, A., Quintero, E., Pérez, Y., Olivera, D., Peña, K., Castro, I. & Jiménez, J. (2019). Evaluación de microorganismos eficientes en la producción de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Revista de Ciencias Agrícolas. 36(1): 67-78
- Cardoso, D., Sá, E., Haga, I., Binotti, F., Nogueira, C. & Valério W. (2014). Desempenho fisiológico y superación de dormência em sementes de *Brachiaria brizantha* submetidas a tratamento químico y envelhecimento artificial. Semina: Ciênc Agrár 35: 21-38. doi: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n1p21>
- Castillo Reyes, Francisco, Castillo Quiroz, David, Sáenz Ceja, Jesús Eduardo, Rueda Sánchez, Agustín, & Sáenz Reyes, J. Trinidad. (2022). Efectos del pretratamiento con *Trichoderma* y *Bacillus* en la germinación de semillas de *Agave victoriae-reginae* T. Moore. Revista mexicana de ciencias forestales, 13(69), 56-72. Epub 09 de mayo de 2022. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i69.844>
- Castillo-Reyes, F., Sánchez Chaparro, J. D., Rangel Estrada, S. E., & Canul Ku, J. (2014). EFECTO DE MICROORGANISMOS EN LA PROMOCIÓN DE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE LA CACTÁCEA *Echinocactus platyacanthus* LINK & OTTO. Interciencia, 39(12),863-867. ISSN: 0378-1844.
- Castro, A. (2018). Ventajas y perspectivas de la certificación orgánica en el Perú. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Perú. 61 pp.
- Castro Barquero, L., Murillo Roos, M., Uribe Lorío, L., y Mata Chinchilla, R. (2015). Inoculación al suelo con *pseudomonas fluorescens*, *azospirillum oryzae*, *bacillus subtilis* y microorganismos de montaña (MM) y su efecto sobre un sistema de rotación soya-tomate bajo condiciones de invernadero. Agronomía Costarricense, 39(3), 21-36.
- Doménech, J., (2004). Plaguicidas sus efectos en la salud humana. Offarm. 23 (7), 108-114.
- Fan, Y. V., Lee, C. T., Klemeš, J. J., Chua, L. S., Sarmidi, M. R., & Leow, C. W. (2018). Evaluation of Effective Microorganisms on home scale organic waste composting. Journal of Environmental Management, 216, 41–48. doi:10.1016/j.jenvman.2017.04.019
- González F., Harold, & Fuentes M., Natalia. (2017). Mecanismo de acción de cinco microorganismos promotores de crecimiento vegetal. Revista de Ciencias Agrícolas, 34(1), 17-31. <https://doi.org/10.22267/rcia.173401.61>
- Hu, Cheng, Xia, Xiangge, Chen, Yunfeng, & Han, Xuemei. (2018). Soil carbon and nitrogen sequestration and crop growth as influenced by long-term application of effective microorganism compost. Chilean journal of agricultural research, 78(1), 13-22. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392018000100013>

- Karlıdag H, Yildirim E, Turan M, Donmez MF (2009) Effect of Plant Growth-Promoting Bacteria on Mineral-Organic Fertilizer Use Efficiency, Plant Growth and Mineral Contents of Strawberry (*Fragaria x ananassa* L. Duch.). *Reviewed Papers* 218-226 pp. ISBN: 9783000302145.
- Marquina, María Eugenia; Ramirez, Yuri y Castro, Yulimar (2018). Efecto de bacterias rizosféricas en la germinación y crecimiento del pimentón *Capsicum annum* L. var. Cacique Gigante. *Bioagro*. 30(1), 3-16.
- Medina, L; Monsalve, O.; Forero, A. 2010. Aspectos prácticos para utilizar materia orgánica en cultivos hortícolas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 135: 109-125.
- Medina Flores, C. M., y Talavera Loza, J. A. (2014). Efecto de dosis y aplicaciones edáfica y foliar de microorganismos de montaña con y sin sales minerales en el rendimiento del cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad criolla, municipio San José de Bocay, Jinotega. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León.
- Murillo-Amador, B.; Morales-Prado, L.; Troyo-Diéguez, E.; Córdoba-Matson, M.; Hernández-Montiel, L.; Rueda-Puente, E.; Nieto-Garibay, A. (2015). Changing environmental conditions and applying organic fertilizers in *Origanum vulgare* L. *Frontiers in Plant Science* 6: 1-15.
- Ramírez Marrache, K., Florida Rofner, N., y Escobar Mamani, F. (2019). Indicadores químicos y microbiológicos del suelo bajo aplicación de microorganismos eficientes en plantación de cacao (*Theobromacacao* L.). *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 6(2), 21-28.
- Ramos Agüero, D., Terry Alfonso, E., Soto Carreño, F., & Cabrera Rodríguez, J. A. (2014). BOCASHI: ABONO ORGÁNICO ELABORADO A PARTIR DE RESIDUOS DE LA PRODUCCIÓN DE PLÁTANOS EN BOCAS DEL TORO, PANAMÁ. *Cultivos Tropicales*, 35(2), 90-97.
- Sandoval-Reyes, F., Cortez-Pérez, Y., Reyes-Resendiz, L., y Hernández-Romero, I. (2017). Evaluación de la remediación del suelo contaminado con aceite crudo utilizando microorganismos de montaña. *Revista de Sistemas Experimentales*, 4(13), 25-32.
- Santos, L., Lana, R., Silva, M., Veloso, T., Kasuya, M. Y Ribeiro, K. (2020). Effective microorganisms inoculant: Diversity and effect on the germination of palisade grass seeds. *Anais Da Academia Brasileira De Ciências*, 92, e20180426. <https://doi.org/10.1590/0001-37652020180426>.
- Suchini Ramírez, J. G. (2012). Innovaciones agroecológicas para una producción agropecuaria sostenible en la región del Trifinio (1ª ed.). Serie técnica Manual técnico No.104. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Vinces Moreira, E. E. (2014). Incidencia de los microorganismos eficientes en el tiempo de descomposición de abonos de origen animal. *Revista La Técnica*, (13), 18-25.
- Viteri, S.; Méndez, M.; Villamil, J. 2012. Verification of alternatives for sustainable onion production (*Allium cepa* L.) in Cucaita, Boyaca. *Agronomía Colombiana* 30: 124-132.