

Aplicación de rizobacterias en la germinación de semillas de plantas ornamentales *Zinnia elegans*

Application of rhizobacteria in the germination of ornamental plant seeds *Zinnia elegans*

Vania Sarai Gómez Torres¹, Blanca Estela Gómez Luna¹

¹Ingeniería en Biotecnología, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, División de Ciencias de la Salud e Ingeniería, Campus Celaya-Salvatierra, Universidad de Guanajuato
vs.gomeztorres@ugto.mx¹, be.gomez@ugto.mx¹

Resumen

Los biofertilizantes, constituidos por consorcios de microorganismos benéficos como las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR, por sus siglas en inglés), han adquirido creciente relevancia en la agricultura moderna y sostenible. Estos microorganismos desempeñan funciones esenciales que contribuyen a mejorar la nutrición vegetal, incluyendo la solubilización y fijación de nutrientes, la producción de fitohormonas y la inducción de mecanismos de defensa en las plantas. Asimismo, los biofertilizantes favorecen la restauración y el mantenimiento de las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo, promoviendo una mayor biodiversidad microbiana y, en consecuencia, un medio ambiente más saludable y fértil. En este estudio se evaluó el efecto de la inoculación con diversas rizobacterias sobre la germinación de semillas de *Zinnia elegans*, una planta de alto valor ornamental, con el objetivo de demostrar el potencial funcional de las rizobacterias como biofertilizantes efectivos. Las semillas fueron inoculadas con cultivos bacterianos y sometidas a condiciones controladas de humedad y temperatura, evaluándose parámetros como la tasa de germinación y la altura del tallo. Los resultados del análisis de varianza mostraron que los tratamientos con dos de los distintos aislados bacterianos presentaron diferencias significativas en comparación con el control, destacando mejoras en el desarrollo general de la planta.

Palabras clave: microorganismos benéficos; rizósfera, Áreas Naturales Protegidas, jardines.

Introducción

Biofertilizantes y plantas ornamentales

Los jardines son zonas de terreno donde se cultivan flores, árboles y otras plantas con fines ornamentales, comerciales o educativos estas áreas con toda su vegetación y su biodiversidad tiene varios usos antropocéntricos. El acelerado desarrollo urbano ha reducido gradualmente la superficie de estos espacios, limitando áreas de esparcimiento. Tanto los jardines públicos como los privados se ven afectados por enfermedades de las plantas, el uso de agroquímicos, los efectos del cambio climático y la pérdida de biodiversidad. En ocasiones la población pierde el valor de los espacios verdes, sin embargo, presentan beneficios ecológicos como purificación del aire, reservorio de aves e insectos, amortiguan la contaminación acústica y visual, son espacios de esparcimiento y convivencia familiar (Mendoza-García *et al.*, 2011).

Existen plantas a las que se les nombra como ornamentales que por sus cualidades son usadas para decorar y adornar nuestro entorno. En México se encuentran numerosas especies ornamentales, tanto nativas como exóticas, muchas de las cuales son reconocidas únicamente a nivel regional. Se estima que existen aproximadamente 4,220 especies con potencial ornamental, de las cuales 3,434 son nativas y 786 introducidas (Nava-Esparza *et al.*, 2006).

El valor ornamental o la cualidad estética de estas especies está determinado por diversos atributos, como la forma o estructura general de la planta, las características del follaje (color, densidad), las flores (color, fragancia, morfología y tamaño) y los frutos (color y tamaño). Estas características pueden manifestarse de manera estacional, por ejemplo, durante la época de floración, o mantenerse a lo largo de todo el ciclo de vida de la planta, como ocurre con aquellas de hojas decorativas. Estas especies juegan un papel importante en México, desde los tiempos prehispánicos; donde se utilizaban para huertos familiares y ceremonias, siendo indicio de la importancia de la floricultura en el país (Pulido *et al.*, 1988).

Las plantas ornamentales provienen de distintos ambientes, lo que influye en su adaptación a nuevos lugares. En las selvas secas destaca la flor de mayo (*Plumeria rubra*), apreciada por sus flores de colores variados y su fragancia. En las selvas húmedas sobresale la palma camedor (*Chamaedorea* spp.) por su follaje, ampliamente utilizado en arreglos florales. En los bosques de niebla se valoran especies como el yoloxóchitl (*Magnolia mexicana*), la magnolia (*Magnolia dealbata*) y las orquídeas (*Stanhopea* spp.), todas con flores grandes, vistosas y aromáticas (Linares *et al.*, 2006).

Otro ejemplo es *Zinnia elegans* (sin. *Zinnia violacea*) es una planta ornamental que pertenece a la familia Asteraceae, que es la más diversa de los angiospermas, cifras recientes indican que existen 25,000-30,000 especies, las cuales equivalen a 10% de las plantas con flor conocidas en todo el mundo (Mandel *et al.*, 2019). México posee un poco más de la décima parte, al registrarse 3127 especies, de las cuales 3065 son nativas (Redonda-Martínez, 2022). La planta *Zinnia* es cultivada en su mayoría por su amplia gama de colores, su floración persistente. Al momento de iniciar su germinación, no se tienen complicaciones y es capaz de adaptarse a las duras condiciones del paisaje, por lo que ha sido estudiada por sus valiosos metabolitos secundarios: saponinas, flavonoides, polifenoles, esteroides y glucósidos (Burlec, 2019).

La temperatura influye de manera significativa en el desarrollo de los botones florales, los cuales se forman más lentamente a temperaturas bajas (CONABIO, 2009). Este factor ambiental es determinante para el crecimiento y la calidad de las plantas ornamentales, cuya producción no solo tiene un valor estético, sino también económico y social.



Figura 1. Plantas ornamentales en México.
Fuente: (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2020)

La aplicación de biofertilizantes para la mejora de la producción vegetal se ha centrado en plantas de importancia agronómica especialmente las que son base de la alimentación mundial como es maíz, frijol, arroz y papa, sin embargo, es necesario ampliar la investigación y aplicación también a las plantas ornamentales en jardines y viveros. La incorporación de microorganismos benéficos, como las rizobacterias, en los procesos de producción y desarrollo de plantas ornamentales representa una alternativa biotecnológica sustentable que mejora la eficiencia fisiológica de las plantas, disminuye el uso de agroquímicos y favorece un manejo ambientalmente responsable.

Por lo que las áreas naturales protegidas constituyen un recurso de alto valor ecológico, debido a que albergan una gran cantidad de diversidad de organismos en sus suelos, incluidos los microorganismos benéficos. Estas áreas, consideradas sistemas ecológicos complejos, mantienen interacciones funcionales entre sus componentes bióticos y abióticos, generando ciclos biogeoquímicos que contribuyen a la estabilidad ambiental y a la conservación de la biodiversidad. El estado de Guanajuato ha determinado y declarado una colección de Áreas Naturales Protegidas para asegurar el aprovechamiento sustentable y la disponibilidad de los recursos naturales del estado. A partir del año de 1997 se ha venido haciendo la declaratoria y manejo de las Áreas Naturales Protegidas por parte del ejecutivo del estado. Por este motivo es necesario estudiar estos recursos naturales debido a la posibilidad que tienen de alojar una gran variedad de microorganismos con potencial biotecnológico, como lo son algunos tipos de bacterias las cuales puedan otorgar algún beneficio para el crecimiento vegetal (IEEG, 2018).

Las rizobacterias benefician a las plantas a través de diferentes mecanismos (Figura 2) como: fijación de nitrógeno, síntesis de fitohormonas, desarrollo del crecimiento de la raíz, proliferación de pelos radiculares, mejora de la absorción de nutrientes y agua, inhibición del crecimiento de microorganismos patógenos y producción de sideróforos (Torriente, 2010). Además, participan en el reciclaje tomando nutrientes no aprovechables para la planta y transformándolas hasta la obtención de formas asimilables para las células vegetales (Camelo *et al.*, 2011). Así mismo favorecen el desarrollo de otros microorganismos benéficos, promueven la descomposición de sustancias tóxicas y aumentan el contenido de materia orgánica (Reséndez *et al.*, 2018).

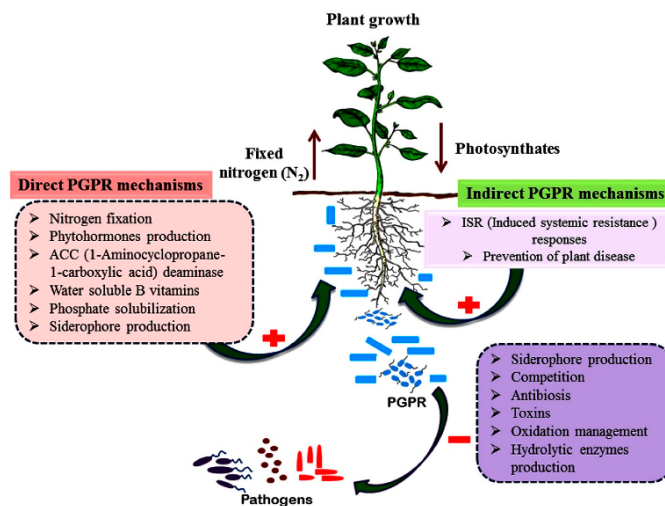


Figura 2. Mecanismos de actividad de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal.
Fuente: (Chandran *et al.*, 2021)

El éxito en la producción de plantas ornamentales depende fundamentalmente de una germinación eficiente y homogénea, así como del vigor de las plántulas, aspectos que pueden verse limitados por factores como la calidad de la semilla, las condiciones del suelo y la incidencia de patógenos. Las rizobacterias ofrecen una alternativa ecológica y eficaz para mejorar estos procesos, gracias a su capacidad para sintetizar fitohormonas, movilizar nutrientes, inducir mecanismos de defensa en la planta y protegerla frente a enfermedades (Chandran *et al.*, 2021).

El empleo de las rizobacterias en la propagación de plantas ornamentales no solo favorece la calidad y el crecimiento inicial de las plántulas, sino que también disminuye la dependencia de insumos químicos, lo que resulta ambientalmente responsable y económicamente atractivo. Por esta razón, estudiar y promover el uso de rizobacterias en la germinación de semillas ornamentales es de gran importancia para el desarrollo de prácticas más sostenibles y eficientes en la horticultura ornamental.

En este estudio se busca evaluar el efecto de la inoculación con rizobacterias promotoras del crecimiento sobre la germinación y el desarrollo inicial de plantas ornamentales, destacando sus mecanismos de acción y su potencial como herramienta biotecnológica para mejorar la calidad y uniformidad de las plántulas.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en el laboratorio de investigación en Biotecnología de la Universidad de Guanajuato, Campus Celaya - Salvatierra, División de Ciencias de la Salud e Ingenierías, sede Mutualismo. Se emplearon cepas de rizobacterias de una colección generada en trabajos previos, los aislados se obtuvieron de suelo de la ANP "El Cerro de Culiacán", localizado entre los municipios de Cortázar, Jaral del Progreso y Salvatierra y semillas de diversas plantas ornamentales.

Aislados y semillas

Las rizobacterias seleccionadas fueron: 313,116, 265, 302, 112, 318 y 317. Estos aislados han demostrado en estudios previos un efecto benéfico sobre la germinación de semillas y el desarrollo inicial de las plántulas. Las rizobacterias fueron inoculadas en 5 mL de caldo de extracto de papa y dextrosa en tubos estériles, posteriormente se incubaron a una temperatura de 28 °C durante 48 horas, bajo agitación constante a 150 rpm, con el objetivo de asegurar un crecimiento de densidad celular de mínimo 1×10^6 células por mL. Se emplearon semillas de *Zinnia elegans* marca Vita con alto valor ornamental y amplia aceptación en el mercado.

Germinación

Inicialmente, se colocaron 25 semillas de *Zinnia elegans* en el cultivo bacteriano de 48 h y densidad celular de 1×10^6 células/mL, correspondiente a cada uno de los aislados evaluados, así como un tratamiento control sin inoculación y se incubaron durante 40 minutos a 150 rpm. Se dispusieron las semillas por tratamiento en cámaras húmedas, cajas Petri de vidrio con papel estéril humedecido, incubadas a 28–30 °C, donde cada tratamiento se aplicó por triplicado. Las semillas fueron monitoreadas cada 24 horas durante una semana. Se contaron las semillas germinadas y se obtuvo el porcentaje de germinación. Las semillas germinadas fueron posteriormente transferidas a charolas de plástico Floramundo, con 72 cavidades color negro con las siguientes medidas 6 x 53.5 x 27 cm. de germinación con sustrato, tierra preparada para jardín de la marca VIGORO, para su desarrollo inicial. Las plántulas desarrolladas en la charola se pasaron a maceta, en el trasplante se inoculó nuevamente con la misma cepa en el sustrato cerca de la raíz principal.

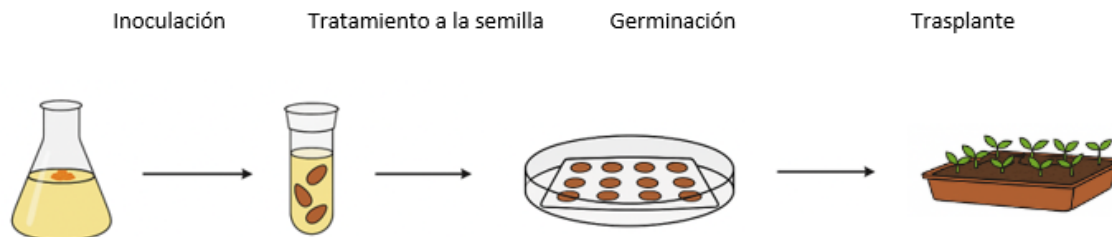


Figura 3. Inoculación y germinación.
Fuente: Elaboración propia

Análisis de germinación

Para obtener el porcentaje se utilizó la siguiente fórmula

$$PG = \frac{n}{N} \times 100$$

Donde n es igual al número de semillas germinadas y N el número total de semillas incubadas

Efecto de la inoculación de rizobacterias sobre longitud de las raíces y el peso de las plántulas.

Se determinó la longitud de los tallos. Para estas mediciones, se capturaron imágenes digitales de las plántulas y se procesaron mediante el software ImageJ. Las imágenes fueron calibradas con escala métrica, lo que permitió la relación de píxeles a unidades reales de medición. Las plántulas fueron cuidadosamente extraídas del sustrato para ser pesadas en una balanza analítica, después de 5 semanas de crecimiento, se dejaron secar 24 horas. Se determinó el peso fresco, el peso seco y porcentaje de humedad.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar y para el análisis de las variables se utilizó ANOVA y prueba de Tukey.

Resultados y discusiones

En las pruebas de germinación se observaron en el caso de las plántulas de *Zinnia elegans*, que las rizobacterias tuvieron un efecto positivo 72 horas después de la inoculación. La información del proveedor de las semillas indicó que el tiempo de germinación de las semillas de *Zinnia elegans* podían tardar de 10 a 14 días para germinar y otros autores como Riaz (2008), mencionan que la germinación de esta planta en sustratos enriquecidos con fertilizantes sucede de 5 a 7 días. En la figura 4 se puede observar que las rizobacterias que promovieron mejor la germinación fueron 116, 302 y 112.

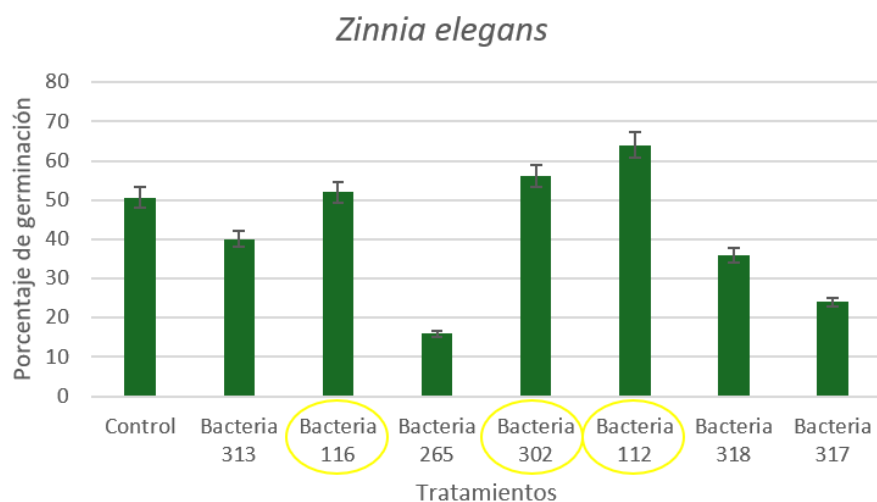


Figura 4. Porcentaje de germinación en *Zinnia*
Fuente: Elaboración propia

Durante el proceso de germinación, en las primeras 48 horas de la inoculación, hubo una cantidad de semillas germinadas de *Zinnia* mayor en el control, sin embargo, en los días posteriores, las semillas que fueron tratadas con rizobacterias tenían un porcentaje más alto y ya con efectos positivos visibles, como la formación de los vellos radiculares (Figuras 5 y 6).



Figura 5. *Zinnia* con la cepa 313 a las 72 horas.
Fuente: Elaboración propia



Figura 6. *Zinnia* control a las 72 horas
Fuente: Elaboración propia

Los resultados de humedad reflejan el estado hídrico de las plantas y su capacidad de retener agua, lo que se relaciona directamente con la acumulación de biomasa, ya que un adecuado contenido de agua favorece el crecimiento y la producción de tejidos, tal como indica Larcher (2003). Al obtener los siguientes datos se puede observar que el porcentaje de humedad en los tratamientos con los aislados son más altos respecto al control, teniendo una menor cantidad de biomasa. El elevado contenido de humedad puede estar asociado a la fase temprana de las plántulas de *Zinnia* y al efecto de las rizobacterias (Tabla 1).

Tabla 1. Datos de peso, contenido de humedad y altura en plántulas de *Zinnia elegans*

	Tratamiento	Altura (cm)	Peso húmedo(g)	Peso seco(g)	% de Humedad
Aislados	Control	21.08 b	0.19 a	0.06 a	68.42 a
	313	24.42 b	0.29 b	0.12 b	68.62 a
	116	23.07 b	0.26 b	0.09 b	66.25 a
	265	16.617 b	0.22 a	0.05 a	77.27 b
	302	6.99 a	0.23 a	0.05 a	78.87 b
	112	10.30 a	0.2 a	0.03 a	85 b
	318	11.95 a	0.17 a	0.02 a	88.23 b
	317	7.68 a	0.14 a	0.02 a	85.71 b

Los valores son promedio de tres mediciones, las letras diferentes en la misma columna indican diferencia entre tratamientos. El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$), indicando que las distintas bacterias influyeron de manera diferente en la variable evaluada.

Estos resultados evidencian que la respuesta fisiológica varía según la cepa bacteriana empleada, resaltando la importancia de seleccionar inoculantes eficientes para favorecer la acumulación de biomasa. Retana (2025) reportó que, bajo condiciones de 26 °C y exposición solar continua, las plantas alcanzaron alturas máximas de 15 cm en un mes. En contraste, en el presente estudio las plántulas mostraron mayores alturas, lo que sugiere que las condiciones experimentales y la interacción con las cepas bacterianas favorecieron un crecimiento más acelerado.

Si bien algunos tratamientos no superaron al control, se observaron tendencias que sugieren un posible efecto positivo de la inoculación microbiana en el desarrollo general de las plantas. Esto indica que las cepas utilizadas podrían estar favoreciendo procesos fisiológicos asociados al crecimiento y desarrollo de la planta (raíz) y aún requiere más tiempo el experimento para apreciar los efectos benéficos de las rizobacterias, Figura 7. Por lo tanto, impacto de los tratamientos debe interpretarse de forma integral.



Figura 7. Raíces de las plántulas de *Zinnia*
Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Las plantas ornamentales, como *Zinnia elegans*, no solo aportan valor estético al paisaje, sino que también constituyen una parte del sector agrícola de alto impacto económico, ecológico y social. Su cultivo puede optimizarse mediante prácticas sostenibles, como la inoculación con rizobacterias. En el presente estudio, la aplicación de estas bacterias mostró efectos significativos en comparación con el control. En particular, los aislados 313 y 116 favorecieron una mayor altura y biomasa. La inoculación microbiana contribuyó de manera positiva a otros aspectos del crecimiento, como la formación de un mayor número de raíces, sugiriendo que las rizobacterias pueden fortalecer la estructura y el desarrollo general de las plantas.

Considerando la creciente necesidad de espacios verdes en nuestro entorno, el uso de plantas ornamentales con una alta capacidad de crecimiento y adaptación al ambiente puede contribuir notablemente a la mejora del paisaje y el bienestar social. Por lo que la producción de plantas con mayor calidad mediante técnicas biotecnológicas como la inoculación de bacterias promotoras del crecimiento en etapas específicas del cultivo, representa una alternativa para viveros, jardinería y programas de reforestación ornamental.

Bibliografía/Referencias

- Camelo, R. M., Vera, M. S. P., & Bonilla, B. R. R. (2011). Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 12(2), 159-166. https://doi.org/10.21930/rcta.vol12_num2_art:227
- Chandran, H., Meena, M., & Swapnil, P. 2021. Plant growth-promoting rhizobacteria as a green alternative for sustainable agriculture. *Sustainability*, 13(19), 10986. [Plant Growth-Promoting Rhizobacteria as a Green Alternative for Sustainable Agriculture](https://doi.org/10.3390/sustainability131910986)
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2009. La biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado. Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato https://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/estudios/ee_guanajuato
- Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato IEEG. 2018. Áreas naturales protegidas. 23 de julio del 2024. Recuperado de: <http://ecologia.guanajuato.gob.mx/sitio/areas-naturales-protegidas>
- Larcher, W. 2003. Physiological Plant Ecology. Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups. Fourth Edition. *Biologia Plantarum*, 46(4), 500. <https://doi.org/10.1023/b:biop.0000041119.93332.43>
- Linares, E. y R. Bye. 2006. Las plantas ornamentales en la obra de Francisco Hernández, "El preguntador del rey". *Arqueología mexicana* 78: 48-57 [Las plantas ornamentales en la obra de Francisco Hernández | Arqueología Mexicana](https://doi.org/10.1017/S0014180106000000)
- Mandel, J. R., R. B. Dikow, C. M. Siniscalchi, R. Thapa, L. E. Watson y V. A. Funk. 2019. A fully solved backbone phylogeny reveals numerous dispersals and explosive diversifications throughout the history of Asteraceae. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116(28): 14083-14088. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1903871116>
- Nava-Esparza, V.C. y H.A. Chimal, 2006. *Plantas Mexicanas con Potencial Ornamental*. Universidad Autónoma Metropolitana, División de Ciencias Biológicas de la Salud, Serie Académicos CBS.60. 626 pp. [Descripción: Plantas mexicanas con potencial ornamental /](https://doi.org/10.1017/S0014180106000000)
- Pulido, M. T. P., & Koch, S. D. 1988. Inventario florístico en el cerro Tetzcotzinco, Texcoco, Estado de México. *Acta Botánica Mexicana*, 48, 81-94 [ResearchGate](https://doi.org/10.1017/S0014180106000000)
- Reséndez, A. M., Mendoza, V. O., Carrillo, J. A., Arroyo, J. P., & Ríos, P. C. 2018. Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 20(1), 68-83. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v20n1.73707>
- Redonda-Martínez, R. 2022. Tribus de Asteraceae en México, morfología y clave de identificación. *Acta Botanica Mexicana*, (129). <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.2122>
- Retana Gutiérrez, F. P. (2019). *Manejo agronómico y caracterización de 5 cultivares de zinnia* [Informe final de servicio social, Universidad Autónoma Metropolitana]. Repositorio Institucional de la UAM. [253349.pdf](https://doi.org/10.253349.pdf)

Riaz, A., Arshad, M., Younis, A., Raza, A. y Hameed, M. A. N. S. O. O. R. (2008). Efectos de diferentes medios de cultivo sobre el crecimiento y la floración de *Zinnia elegans* cv. Punto azul. *Revista de Botánica de Pakistán*, 40(4), 1579-1585. [Microsoft Word - 23 ICPS-018.doc](#)

Toriente, D. 2010. Aplicación de bacterias promotoras del crecimiento vegetal en el cultivo de la caña de azúcar. Perspectivas de su uso en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 00. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100003

Agradecimientos

Las autoras agradecen el apoyo en la realización de este trabajo de los estudiantes del programa de Ingeniería en Biotecnología del Campus Celaya-Salvatierra de la Universidad de Guanajuato: Valeria Alois Rico Stefanonni, Miguel Ángel Barrientos Torres, Marco Antonio Velásquez Luna, Edgar Mauricio Hernández Mendoza y Diana Guadalupe Hernández Olalde.