

Actinobacterias promotoras de crecimiento en el desarrollo de plantas de pimiento *Capsicum annuum*

Actinobacterial growth promoters on the development of bell pepper *Capsicum annuum* plants

Promotores de crecimiento actinobacterianos no desenvolvimiento de plantas de pimiento *Capsicum annuum*

Abasolo-Pacheco, Fernando
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
fabasolo@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-2268-7432>



Suarez-Chichande, Viviana Lisseth
Investigador Independiente
vivianitasuarez10@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9599-0833>



García-Gallirgos, Víctor Jorge
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Victor.garcia2016@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-4547-6187>



Varas-Carvajal, Ivonne Alexandra
Investigador independiente
ivonnevarascarvajal@outlook.com
<https://orcid.org/0000-0003-0711-4900>



López-Ortega, Oscar Fabricio
Moralva C. LTDA
oflo1209@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0006-7042-6893>



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/n1/907>

Como citar:

Abasolo-Pacheco, F., Suarez-Chichande, V. L., García-Gallirgos, V. J., Varas-Carvajal, I. A., & López-Ortega, O. F. (2025). Actinobacterias promotoras de crecimiento en el desarrollo de plantas de pimiento *Capsicum annuum*. *Código Científico Revista De Investigación*, 6(1), 595–609. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/n1/907>

Recibido: 10/06/2025

Aceptado: 26/06/2025

Publicado: 30/06/2025

Resumen

Las actinobacterias poseen el potencial de actuar como bioestimulantes en el crecimiento y desarrollo de plantas de pimiento (*Capsicum annuum*) en condiciones de vivero, representando una alternativa ecológica para la producción agrícola. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la inoculación de actinobacterias en plantas de pimiento bajo condiciones controladas en la Finca Experimental “La María” de la UTEQ, mediante un diseño completamente al azar. Se recolectaron muestras rizosferas de diferentes cultivos de interés agrícola (cacao, aguacate y guaba), de las cuales se caracterizaron nueve cepas en medio sólido ISP2. Para los ensayos *in situ*, las cepas fueron reactivadas en medio líquido y utilizadas en la inoculación de semillas y plántulas. Las variables evaluadas fueron porcentaje de germinación y emergencia, altura de la planta, número de hojas y raíces secundarias, diámetro y peso del hipocótilo, longitud y peso de raíz. Las cepas seleccionadas (BA, EM, GC2 y GC4) mostraron morfotipos diversos y características típicas del grupo actinobacteriano. Los resultados revelaron que todas las cepas seleccionadas promovieron un desarrollo superior al grupo control. Destacaron la cepa EM, con mayor altura de planta (10,29 cm) y longitud radicular (20,24 cm), y la cepa GC2, con mayor número de raíces secundarias por centímetro (16). Se concluye que las actinobacterias evaluadas inciden positivamente en el desarrollo agronómico del pimiento, consolidándose como promotoras del crecimiento vegetal (PGPR).

Palabras clave: actinomicetos, bioestimulantes, pimiento, PGPR, desarrolloradicular.

Abstract

Actinobacteria have the potential to act as biostimulants in the growth and development of pepper plants (*Capsicum annuum*) under nursery conditions, representing an ecological alternative for agricultural production. The objective of this study was to evaluate the effect of actinobacteria inoculation on pepper plants under controlled conditions at the “La María” Experimental Farm of UTEQ, using a completely randomized design. Samples of rhizospheres were collected from different agriculturally important crops (cacao, avocado, and guaba), from which nine strains were characterized in ISP2 solid medium. For *in situ* tests, the strains were reactivated in liquid medium and used to inoculate seeds and seedlings. The evaluated variables included germination and emergence percentage, plant height, number of leaves and secondary roots, hypocotyl diameter and weight, and root length and weight. The selected strains (BA, EM, GC2, and GC4) exhibited diverse morphotypes and typical characteristics of the actinobacterial group. The results showed that all selected strains promoted greater development compared to the control group. The EM strain stood out with greater plant height (10.29 cm) and root length (20.24 cm), while the GC2 strain showed the highest number of secondary roots per centimeter (16). It is concluded that the evaluated actinobacteria positively influence the agronomic development of pepper plants, establishing themselves as plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR).

Keywords: actinomycetes, biostimulants, pepper, PGPR, root development.

Resumo

As actinobactérias têm o potencial de atuar como bioestimulantes no crescimento e desenvolvimento de plantas de pimentão (*Capsicum annuum*) em condições de viveiro, representando uma alternativa ecológica para a produção agrícola. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da inoculação de actinobactérias em plantas de pimentão sob condições controladas na Fazenda Experimental “La María” da UTEQ, utilizando um delineamento inteiramente ao acaso. Foram coletadas amostras de rizosfera de diferentes culturas de interesse agrícola (cacaú, abacate e ingá), das quais nove cepas foram caracterizadas em meio sólido ISP2. Para os testes *in situ*, as cepas foram reativadas em meio líquido e utilizadas na inoculação de sementes e mudas. As variáveis avaliadas incluíram porcentagem de germinação

e emergência, altura da planta, número de folhas e raízes secundárias, diâmetro e peso do hipocótilo, comprimento e peso da raiz. As cepas selecionadas (BA, EM, GC2 e GC4) apresentaram morfotipos diversos e características típicas do grupo das actinobactérias. Os resultados mostraram que todas as cepas selecionadas promoveram um desenvolvimento superior ao grupo controle. Destacaram-se a cepa EM, com maior altura de planta (10,29 cm) e comprimento radicular (20,24 cm), e a cepa GC2, com o maior número de raízes secundárias por centímetro (16). Conclui-se que as actinobactérias avaliadas influenciam positivamente o desenvolvimento agrônomo do pimentão, consolidando-se como rizobactérias promotoras de crescimento vegetal (PGPR).

Palavras-chave: actinomicetos, bioestimulantes, pimentão, PGPR, desenvolvimento radicular.

Introducción

El pimiento (*Capsicum annuum*) es un cultivo producido a nivel mundial por su alta demanda alimenticia y elevado consumo, esto debido a sus características nutricionales que agregan beneficios a la salud humana como un alimento funcional gracias a la concentración de antioxidantes y elevado contenido de ácido ascórbico, caroteno, fenoles, flavonoides y xantofilas, los cuales se obtienen con el fruto verde o maduro (Ispizua, *et al.*, 2020). Actualmente la agricultura convencional es una de las formas de obtener los mayores rendimientos en el sector agrario, para ello hacen uso de grandes cantidades de fertilizantes químicos (Angulo, *et al.*, 2021), esto tiene un impacto negativo en los ecosistemas generando efectos como eutrofización, toxicidad de las aguas, contaminación de aguas subterráneas, contaminación del aire, degradación del suelo y de los ecosistemas, desequilibrios biológicos y reducción de la biodiversidad (González, 2019) (Palacios *et al.*, 2018).

El uso de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) son una opción para preservar el equilibrio de los agroecosistemas y al mismo tiempo lograr la sostenibilidad de la producción agrícola. (Liu *et al.*, 2017) (Palacios, *et al.*, 2018), tienen múltiples beneficios en el desarrollo de las plantas mediante algunos mecanismos directos como la fijación de nitrógeno, solubilización de minerales, concentración de fitohormonas; y mecanismos indirectos como son la producción de metabolitos, actividad lítica, resistencia sistémica, competencia y desplazamiento de microorganismos patógenos (Posada *et al.*, 2021). Se han

identificado hasta 22 mecanismos de acción PGPR y dentro de los más abundantes se encuentra el ácido indolacético (AIA), solubilización de fósforo, producción de sideróforos y antagonismo (Posada, *et al.*, 2021); son los responsables del desarrollo de las plantas y la acción biocontroladora, que tiene que ver con la producción de fitohormonas, inhibición de fitopatógenos, y solubilización de nutrientes (Khushboo y Kaur, 2020).

Algunos estudios han demostrado las aplicaciones de las actinobacterias como agentes reguladores del crecimiento vegetal en plantas, (Khushboo y Kaur, 2020) probaron con cepas de *Streptomyces diastaticus* y demostraron que aumentó el porcentaje de germinación de semillas de pimiento, así como mayor longitud en raíz y brotes, y más peso fresco y seco de la biomasa; (Arawan y Boonkerd, 2013) evidenció la acción de actinobacterias del género *Streptomyces* y *Nocardia* que en promedio, la altura de los brotes y el peso fresco de las plántulas de mandarina fueron promovida por su inoculación (Arawan y Boonkerd, 2013). Por lo anterior, la presente investigación pretende evaluar los efectos de la inoculación de actinobacterias como promotoras del crecimiento vegetal en plantas de pimiento (*Capsicum annuum*) bajo condiciones controladas.

Metodología

La investigación se realizó en los laboratorios y viveros del Campus Experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo localizada en el Km 7 1/2 de la vía Quevedo – El Empalme con coordenadas: 79° 29’ longitud este y 01° 06’ de latitud sur, altitud 75 msnm., con una zona climática tropical húmeda, con temperatura media anual de 25.3°C, precipitación media anual de 2256.4 mm; humedad relativa 82% y 840.9 horas luz por año. Se utilizó el diseño experimental completamente aleatorizado (DCA) con un total de cuatro tratamientos y un grupo control, con tres réplicas y un total de 30 semillas, esto fue tanto para el experimento de germinación en cajas Petri como para el experimento *in situ*. Los

tratamientos fueron: T1 (cepa BA), T2 (cepa EM), T3 (cepa GC2), T4 (cepa GC4), T5 (sin actinomiceto). Los resultados de las variables fueron sometidos al análisis de varianza ADEVA para identificar las diferencias significativas entre los tratamientos y sometidos a la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%. Previamente los datos se sometieron a pruebas de normalidad y homogeneidad de varianza.

Se realizaron tomas de muestras de rizosferas de diferentes cultivos de interés agrícola (cacao, aguacate y guaba). Las muestras fueron esparcidas sobre una superficie plana y en un espacio cerrado durante 24h, luego se pesó 1g de suelo seco y se mezcló en 9ml de agua destilada estéril, esta mezcla fue agitada por 15 min a 150 rpm, luego se prepararon tubos eppendorf, previamente esterilizados con 900 μ L de agua destilada estéril y 10 μ L de la solución con las muestras de suelo, para realizar diluciones desde la 10^1 hasta la 10^5 , para la siembra de las diluciones se preparó medio específico para actinobacterias agar extracto de malta y levadura *International Streptomyces Project* (ISP2) con los siguientes reactivos: bacto-malt extract 10.0 g /L, bacto-yeast extract 4.0 g/L, bacto-dextrose 4.0 g/L, agua destilada 1L, agar-agar 20.0 g/L con un pH ajustado a 7.0 y fue esterilizado en autoclave y sembrado en placas Petri de plástico estériles. De las colonias obtenidas se observaron y seleccionaron únicamente aquellas con características similares a las actinobacterias como son la textura polvosa, formación de estructuras filamentosas como hifas, pigmentación en el medio de cultivo con colores grises hasta cafés, y la presencia de geosminas. Para la caracterización bioquímica se realizó la tinción de Gram y la prueba de catalasa, mediante técnicas estandarizadas de identificación microbiana.

Para las pruebas *in situ*, se reactivaron colonias puras de actinobacterias en un medio líquido (bacto-malt extract 10.0 g /L, bacto-yeast extract 4.0 g/L, bacto-dextrose 4.0 g/L, agua destilada 1L) en matraces, los cuales se dejaron en agitación a temperatura ambiente durante 15 días a 150 rpm. Posteriormente, las semillas de pimiento fueron desinfectadas en hipoclorito

de sodio al 3%. Para las pruebas de germinación se colocaron 10 semillas de pimiento en cada repetición, previamente embebidas con la suspensión microbiana durante 20 minutos, posteriormente se trasladaron a un cuarto oscuro para evaluar el porcentaje de germinación y longitud de radícula.

Las semillas tratadas con la solución de actinobacterias y pregerminadas fueron sembradas en fundas plásticas colocándose una semilla por funda a una profundidad de 0.5 cm, se preparó el sustrato con turba, tierra fértil y perlita estéril en una proporción de 1:1:1/2, respectivamente, y finalmente se establecieron en un invernadero bajo condiciones controladas, se siguió el cultivo de pimiento mediante técnicas estandarizadas. Las plantas de pimiento fueron re-inoculadas con cepas de actinobacterias a los 15 días (1.5ml/planta) y 30 días (3ml/planta) después de la siembra con la finalidad de aumentar la carga microbiana en el suelo, esta inoculación se realizó a nivel edáfico en todas las plantas de todos los tratamientos incluyendo el control (sin actinomicetos). Para determinar el efecto que generaron los tratamientos en el cultivo de pimiento se evaluó el porcentaje de germinación (%) el índice de velocidad de emergencia (IVE) (Maguire, 1962). Otras variables fueron altura de planta, número de hojas, diámetro del hipocótilo, longitud de la radícula, número de raíces secundarias, peso del hipocótilo y el peso radicular.

Resultados

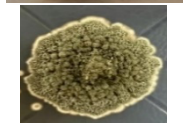
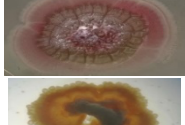
Aislamiento y caracterización de cepas de actinobacterias

Se aislaron y purificaron un total de nueve cepas. Las colonias de actinobacterias presentaron diferencias en cuanto a su morfología. Todas las cepas dieron como positivo en la tinción de Gram y presentaron la capacidad de hidrolizar el peróxido de hidrogeno (Tabla 1).

Tabla 1

Características morfológicas de las cepas de actinobacterias aislada de rizósfera

Código	Vista macroscópica	Color	Textura
--------	-----------------------	-------	---------

BA		Amarilla y blanco	Polvosa, borde irregular y presenta geosminas
EM		Café	Rugosa y compacta al medio
EM2		Verde oscuro	Polvosa, circular y presenta geosminas
EM3		Gris	Seca, granular, borde irregular
GC1		Blanca en el borde con amarillo en el centro	Algodonosa, circular con geosminas, pigmentación en el medio
GC2		Roja	Seca, circular, filamentosa, compacta al medio
GC3		crema	Seca, rugosa
GC4		Gris	Algodonosa, con geosminas bordes irregular
GG		Blanca	Seca, cremosa, bordes irregulares

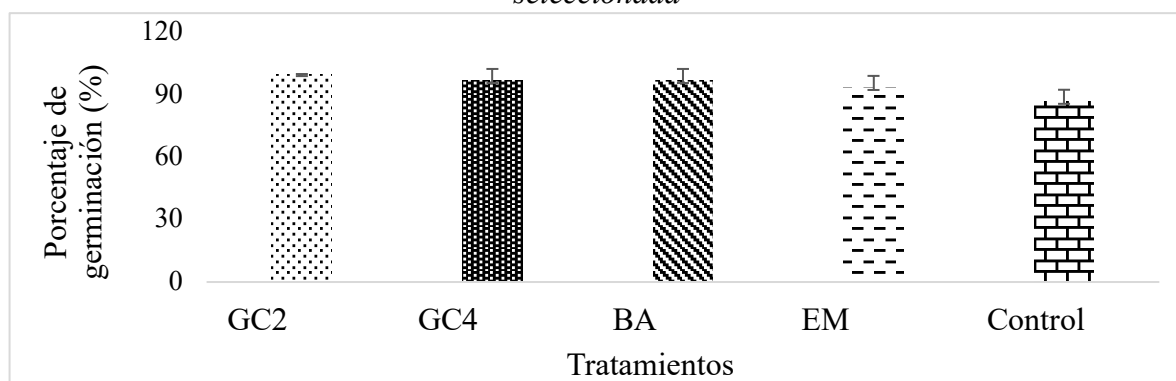
Nota: (Autores, 2025).

Porcentaje de germinación en semillas de pimiento

Para el porcentaje de germinación en las semillas inoculadas por las cepas de actinobacterias, las cepas no obtuvieron diferencias significativas respecto al control, sin embargo, se puede evidenciar una diferencia de medias, particularmente en las cepas EM y GC4 (Figura 1).

Figura 1

Porcentaje de germinación de semillas de pimienta inoculadas con actinobacterias seleccionada



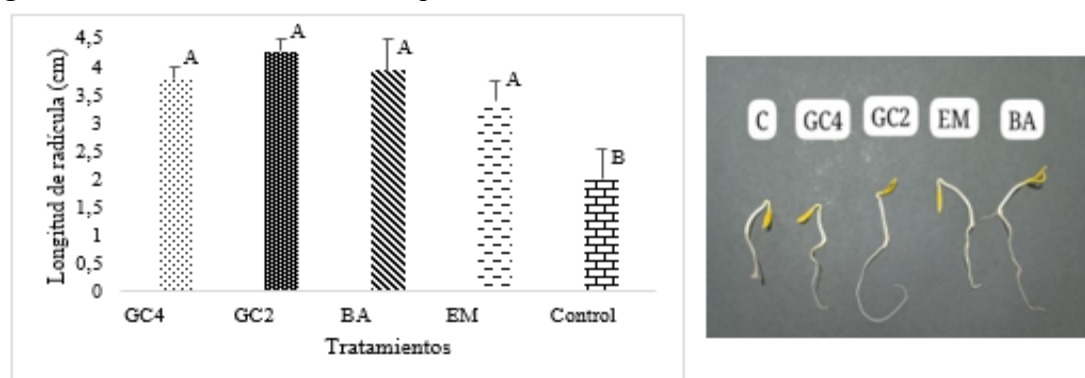
Nota: Las barras indican la media y la línea sobre la media indica $\pm$ desviación estándar (Autores, 2025).

Longitud de la radícula en semillas de pimienta

Las cepas de actinobacterias presentaron efectos en el crecimiento radicular, y se observaron diferencias significativas con los tratamientos respecto al control, en donde la cepa GC2 obtuvo la mayor longitud radicular seguida de la BA con una media de 4.26 cm y 3.94 cm, respectivamente. El crecimiento de la raíz de las semillas de pimienta fue promovido por el efecto de la inoculación de las actinobacterias, generando un coeficiente de variación de 11.74%, demostrando el efecto con mayor crecimiento en la cepa GC2 (Figura 2).

Figura 2

Longitud de radícula en semillas de pimienta tratadas con actinobacterias seleccionadas.



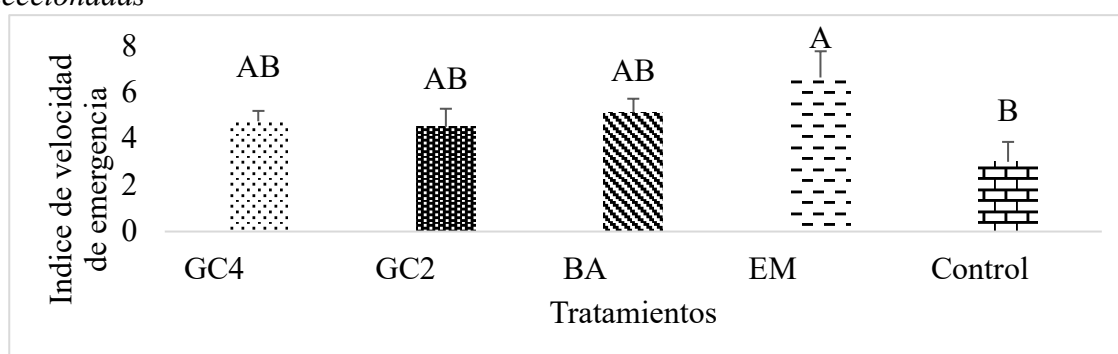
Nota: Las barras indican la media y la línea sobre la media indica $\pm$ desviación estándar. Diferentes letras en las barras indican diferencias significativas entre cada tratamiento $P < 0.05$ Tukey (Autores, 2025).

Índice de velocidad de emergencia.

Las semillas que fueron inoculadas con las cepas de actinobacterias presentaron diferencias significativas entre en el índice de velocidad de emergencia respecto al control, la cepa EM obtuvo el mayor valor (6.65) seguido de la cepa BA (5.14), mientras que el control de las semillas inoculadas con agua obtuvo el menor valor de 3.01 (Figura 3).

Figura 3

Índice de velocidad de emergencia en plantas de pimienta inoculadas con actinobacterias seleccionadas



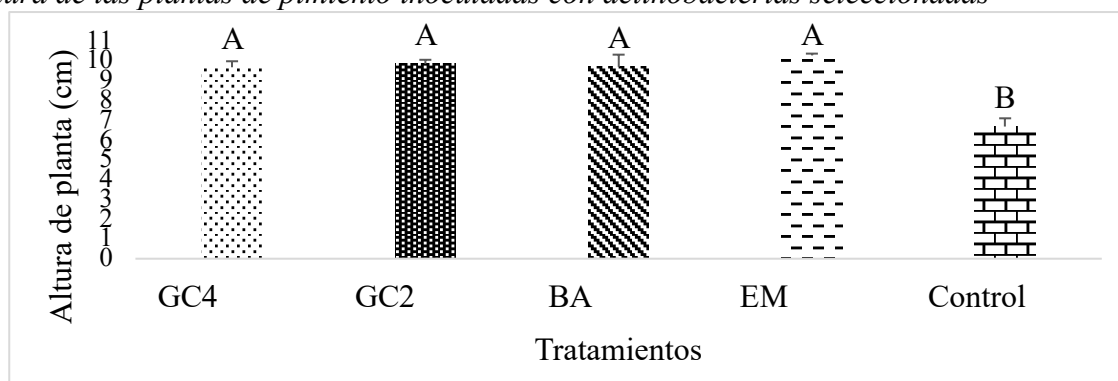
Nota: Las barras indican la media y la línea sobre la media indica $\pm$ desviación estándar. Diferentes letras en las barras indican diferencias significativas entre cada tratamiento $P < 0.05$ Tukey (Autores, 2025).

Altura de planta.

Se registró un mayor crecimiento en las plantas tratadas con las cepas de actinobacterias en comparación con el grupo de control. El mejor resultado se obtuvo con la cepa EM, que registró una media de crecimiento de 10.29 cm, en contraste con el grupo de control que alcanzó una media de 6.69 cm (Figura 4).

Figura 4

Altura de las plantas de pimienta inoculadas con actinobacterias seleccionadas



Nota: Las barras indican la media y la línea sobre la media indica $\pm$ desviación estándar. Diferentes letras en las barras indican diferencias significativas entre cada tratamiento $P < 0.05$ Tukey (Autores, 2025).

Variables agronómicas

En cuanto al número de hojas emitidas por las plantas no hubo diferencias significativas en ninguno de los tratamientos, durante el tiempo que duró la evaluación de las plantas, el uso de actinobacterias como bioestimulantes no promovió una mayor emisión de hojas en este caso, el tratamiento GC4 obtuvo la mayor media con un valor de 7 hojas mientras que el control la menor media de 5 hojas por planta. Se identificó que la aplicación de actinobacterias logró efectos positivos sobre el diámetro del hipocótilo, donde se observaron diferencias significativas de los tratamientos respecto al control, en donde la cepa EM obtuvo la mayor media entre los tratamientos con un valor de 2.02cm de diámetro, mientras que el tratamiento control obtuvo una media de 1.18cm. También mostraron efectos positivos sobre la estimulación del crecimiento del sistema radicular de las plantas, la cepa EM es la que dio mayor media de 20.24 cm de longitud con diferencia significativa respecto al control con una media de 11.44 cm y un coeficiente de variación de 4.02 (Tabla 2).

Según los valores obtenidos la cepa GC2 demostró una mayor estimulación en la producción de raíces secundarias en las plantas de pimiento en respecto al control, en el peso del hipocótilo se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. Se demostró que la cepa EM tiene un mayor potencial ya que obtuvo la media de 0.42 g siendo el valor más alto, seguido de la cepa BA con la media de 0.41 g mientras que el valor más bajo lo obtuvo el tratamiento control con una media de 0.10 g. En el peso de la radícula la aplicación de las actinobacterias en las plantas de pimiento mostró tener un efecto estimulante en el crecimiento radicular de las plantas, se obtuvieron diferencias significativas con las cepas utilizadas como tratamientos respecto al agua utilizada como control (Tabla 2).

Tabla 2

Variables agronómicas evaluadas en plantas de pimiento inoculadas con actinobacterias seleccionadas

Tratamientos	Variables					
	Hojas	Dh(cm)	Lr(cm)	Rs	Ph(g)	Pr(g)
GC4	6 a	1.9 a	18.89 a	14 a	0.4 b	0.20 a
GC2	6 a	1.85 a	18.85 a	16 a	0.39 b	0.18 a
BA	6 a	1.93 a	19.77 a	14 a	0.41 ab	0.20 a
EM	7 a	2.02 a	20.24 a	14 a	0.42 a	0.20 a
Control	5 a	1.18 b	11.44 b	11 b	0.1 c	0.09 b

Nota: Diferentes letras indican diferencias significativas entre cada tratamiento $P < 0.05$ Tukey. Dh=Diámetro de hipocótilo; Lr=Longitud raíz; Rs=Raíces secundarias; Ph=Peso hipocótilo; Pr=Peso radícula (Autores, 2025).

Discusión

Las actinobacterias constituyen uno de los grupos microbianos más diversos y relevantes en los ecosistemas edáficos. Se encuentran ampliamente distribuidas en distintos tipos de suelos, incluyendo aquellos ricos en materia orgánica, en proceso de formación, o contaminados con compuestos inorgánicos (Quiñonez et al., 2016). La mayoría de estas bacterias habitan en suelos con cobertura vegetal, especialmente en bosques, donde las condiciones ambientales favorecen su desarrollo, predominando a profundidades entre 20 y 30 cm (Cardona et al., 2009).

En esta investigación se aislaron actinobacterias con morfologías diversas en cuanto a color, forma y textura de colonia. Estas variaciones morfológicas son coherentes con la alta biodiversidad de actinobacterias endofíticas, capaces de adaptarse a una amplia gama de ambientes, desde suelos altamente vegetados hasta suelos contaminados (Quiñonez et al., 2016; Guevara, 2017). Las cepas obtenidas provinieron de distintos cultivos, lo cual es consistente con lo reportado por Torsvik et al. (1996), quienes indican que una mayor diversidad de microhábitats favorece la variabilidad morfológica microbiana, influenciada por el tipo de vegetación y las características fisicoquímicas del suelo rizosférico. Estudios previos, como el de Cardona et al. (2009), identificaron hasta 16 morfotipos de actinobacterias, predominantemente de los géneros *Streptomyces* y *Nocardia*, caracterizados por colonias filamentosas, circulares, opacas y compactas. Estas características coinciden con las

observadas en algunas de las cepas aisladas en el presente estudio, como EM, EM2, GC2 y GG.

Las pruebas de bioestimulación realizadas *in situ* evidenciaron que las actinobacterias promueven el crecimiento radicular de *Capsicum annuum*. Las semillas inoculadas mostraron una mayor longitud de raíz, aunque no se observaron diferencias significativas en la tasa de germinación. Estos resultados concuerdan con los de Pacheco (2016), quien reportó que aislamientos de *Streptomyces* promovieron el alargamiento radicular en *Lactuca sativa* y *Medicago sativa*, sin afectar significativamente la germinación.

En concordancia, Sánchez et al. (2019) demostraron que la inoculación de *Capsicum annuum* con diferentes cepas de actinobacterias incrementó la altura de las plantas en comparación con el control, resultado que también se reflejó en este estudio. Las plantas tratadas, especialmente con la cepa EM, presentaron una elongación significativa del hipocótilo. De manera similar, Arcos et al. (2021) mostraron que la aplicación de tres cepas de actinobacterias superó en crecimiento a un testigo comercial en términos de altura vegetal.

Asimismo, Lassevich et al. (2020) reportaron que en sistemas de cultivo tratados con bokashi rico en actinobacterias, las plantas de lechuga presentaron un mayor peso fresco en la parte aérea y radicular respecto al control, resultado asociado con una mayor generación de biomasa. Este patrón también se observó en el presente estudio, donde las cepas EM y GC4 contribuyeron significativamente al aumento del peso del hipocótilo y la rizosfera del pimiento, respectivamente. Este efecto podría atribuirse a la capacidad de ciertas actinobacterias para producir poliaminas e influir en las rutas de biosíntesis de auxinas, promoviendo una interacción bacteria-planta más eficiente (Martínez, 2022). En particular, el ácido indolacético (AIA), la auxina más común, desempeña un papel crucial en la división celular y el desarrollo radicular (Franco, 2008).

Finalmente, el tratamiento con la cepa GC2 se destacó por inducir un mayor crecimiento longitudinal de las raíces y un aumento en el número de raíces secundarias por centímetro, lo cual podría estar directamente relacionado con la producción de AIA por parte de las actinobacterias, facilitando así los procesos de elongación y división celular (Martínez, 2022).

Conclusión

Las actinobacterias aisladas de rizosferas de cultivos agrícolas demostraron una notable diversidad morfológica, lo que refleja su capacidad de adaptación a distintos microhábitats y suelos, así como su potencial biotecnológico como agentes promotores del crecimiento vegetal. La inoculación con cepas específicas de actinobacterias, particularmente EM, GC2 y GC4, promovió significativamente el crecimiento radicular y la elongación del hipocótilo en plántulas de *Capsicum annuum*, sin afectar de manera significativa la tasa de germinación de las semillas. Los resultados sugieren que estas cepas actinobacterianas pueden actuar como bioestimulantes eficaces en condiciones de vivero, favoreciendo el desarrollo inicial de las plantas de pimiento mediante la producción de metabolitos como ácido indolacético y poliaminas, los cuales influyen en los procesos de división y elongación celular. Las cepas EM y GC4 también contribuyeron al incremento del peso fresco de la parte aérea y la rizosfera, indicando un efecto positivo en la acumulación de biomasa vegetal y en la posible mejora de la eficiencia en la absorción de nutrientes. El uso de actinobacterias como herramienta biológica representa una alternativa sostenible y ecológica frente al uso de agroquímicos, con potencial aplicación en programas de biofertilización y manejo integrado de cultivos hortícolas como el pimiento.

Referencias bibliográficas

Angulo, A., Ferrera, R., Alarcón, A., Almaraz, J., Delgadillo, J., Jiménez, M., & García, O. (abril de 2021). Improved growth of bell pepper (*Capsicum annuum*) plants by

- inoculating arbuscular mycorrhizal fungi and beneficial rhizobacteria. *Scientia Fungorum*, 51.
- Arawan Shutsrirung, Y. C.-A., & Boonkerd, N. (2013). Diversity of endophytic actinomycetes in mandarin grown in northern Thailand, their phytohormone production potential and plant growth promoting activity, *Soil Science and Plant Nutrition*. *Soil Science and Plant Nutrition*.
- Arcos, B., Sánchez, B., Rodríguez, D., Lóez, R., & Guevara, L. (2021). Eefecto de (*Trichoderma*), actinobacterias y ácido salicilico en la producción de chile de árbol. *Revista Tecnológica CEA* , 232-243.
- Bisen, K., Keswani, C., Mishra, S., Saxena, A., Rakshit, A., & Singh, H. B. (2015). Unrealized potential of seed biopriming for versatile agriculture. *Nutrient use efficiency: from basics to advances*, 193-206.
- Cardona, G., Peña, C., & Ruiz, M. (2009). Comunidades de hongos actinomicetos en tres tipos de vegetación de la Amazonia colombiana: abundancia, morfotipos y el gen 16s ADNr. *Biología Tropical*, 119-1139.
- Franco, M. (2008). Evaluación de carteres PGPR en actinomicetos de interacciones de estas rizobacterias con hongos formadores de micorrizas. Granada: Universidad de Granada.
- González, P. (2019). Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes. Recuperado el 1 de septiembre de 2022, de Biblioteca del congreso nacional de Chile/ BCN: https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/2/7059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf
- Guevara, B. (2017). Aislamiento y caracterización morfológica de cepas nativas de actinomicetos y su actividad antagónica contra *Ralstonia solanacearum*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Salmonella* sp. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras.
- Ispizua, E. M., Cuenca, M. R., Marsal, J., Cerdal, J., Díez, M., Soler, S., Calatayud, A. (2020). Caracterización nutricional de variedades nutricionales valencianas de pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Agrícola Vergel* (428).
- Khushboo, & Kaur, N. (marzo de 2020). Screening of Endophytic Actinomycetes for their Plant Growth Promoting Activity and for Biocontrol in Chilli (*Capsicum annum*) against *Sclerotium Rolfsii*. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, VIII.
- Lassevich, D., Trasante, T., García, S., Platero, R., & Bajsa, N. (2020). Caracterización y evaluación agronómica de tres biopreparados: Bokashi, Supermagro y Microorganismos Eficientes Nativos. *Cadernos de Agroecologia*.
- Liu, J., Wang, X., Zhang, T., & Li, X. (2017). Assessment of two carrier materials for phosphate solubilizing biofertilizers and their effect on growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Microbiological Research*, 205.
- Maguire, J. D. (1962). Speed of Germination—Aid In Selection And Evaluation for Seedling Emergence And Vigor 1. *Crop Science*, 2(2), 176-177.
- Martínez, I. A. (2022). Caracterización morfofisiológica del efecto de *Streptomyces* spp. en plantas modelo y de interés agrícola. San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

- Pacheco, S. (2016). Determinación de la capacidad biofertilizante de actinomicetos en presencia de metales pesados. Grado de maestro en Microbiología, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Microbiología, Lima.
- Palacios, A., Rincón, G., Evangelista, Z., Gómez, J., & Quiñones, E. (2018). Actinomicetos aislados de rizosfera de nardo (*Polianthes tuberosa*) del estado de Morelos, México. *Agroproductividad*, 11(8).
- Posada, A., Mejía, D., Polanco-Echeverry, D., & Cardona, J. (2021). Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR): Una revisión sistemática 1990-2019. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 12(2).
- Quiñonez, E., Evangelista, Z., & Rincón, G. (2016). Los actinomicetos y su aplicación biotecnológica. *Elementos* 101, 59-64.
- Reyes, A., Reyes, A., Rincón, G., López, L., & Evangelina, Q. (2017). Effect of mycorrhizae and actinomycetes on growth and bioprotection of *Capsicum annuum* L. Against *Phytophthora capsici*. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 54.
- Tena, A. R., Enríquez, G. R., Pérez, L. L., Martínez, Z. E., & Aguilar, E. E. Q. (2015). Lucha entre microbios: una herramienta para el control de enfermedades de plantas. Vol. 16, No. 11.
- Torsvik, V., Sorheim, R., & Goksoyr, J. (1996). Total bacterial diversity in soil and sediment communities a review. *Industrial Microbiology*, 170-178.