Agrisost | Vol. 32, enero-diciembre 2026: 1-8

ISSN-e: 1025-0247

Efecto del biofertilizante DIMARGON sobre el crecimiento de cultivares de tomate en condiciones de salinidad

Marisel Ortega García[1], José Francisco Gil Vidal[2], Gisela Rodríguez Rodríguez[3], Bernardo Dibut Álvarez[4] & Yoania Ríos Rocafull[5]

[1]ORCID https://orcid.org/0000-0002-8076-2675, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT**)**, Departamento de Recursos Genéticos Microbianos y Productos Bioactivos, La Habana, Cuba, [2]ORCID https://orcid.org/0009-0000-2190-5544, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT), Departamento de Recursos Fitogenéticos y Semillas, La Habana, Cuba, [3]ORCID https://orcid.org/0009-0002-9875-5155, Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova (IIHLD), UCTB de Ciencia, Tecnología e Innovación, Mayabeque, Cuba, [4]ORCID https://orcid.org/0000-0002-5537-8591, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT**)**, Departamento de Recursos Genéticos Microbianos y Productos Bioactivos, La Habana, Cuba, [5]ORCID https://orcid.org/0000-0003-1774-0868, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT**)**, Departamento de Recursos Genéticos Microbianos y Productos Bioactivos, La Habana, Cuba.

Citación: Ortega García, M., Gil Vidal, J. F., Rodríguez Rodríguez, G., Dibut Álvarez, B., & Ríos Rocafull, Y. (2026). Efecto del biofertilizante DIMARGON sobre el crecimiento de cultivares de tomate en condiciones de salinidad. *Agrisost ISSN 1025-0247, 32*, 1-8. https://doi.org/10.5281/zenodo.24085731

Recibido: 25 de marzo de 2026 Aceptado: 25 de agosto de 2026 Publicado: 9 de noviembre de 2026

Financiamiento: No se declara.

Conflictos de interés: No se declaran.

Correo electrónico: mariselortega9@gmail.com

Resumen

Contexto: La salinidad dificulta el crecimiento de las plantas, y dentro de ellas las hortalizas son de las más afectadas. De ahí la necesidad de utilizar estrategias como la biofertilización para mejorar el rendimiento bajo estas condiciones. En este contexto, DIMARGON se ha destacado por su eficiencia en la estimulación del crecimiento.
Objetivo: Evaluar la respuesta de cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) biofertilizados con DIMARGON sobre un suelo Vertisol salinizado.
Métodos: Para este fin se utilizaron los cultivares 'T-60' y 'FL-5' procedentes del INIFAT y los cv 'Daniel' y 'Pablo' (IIHLD) pertenecientes a el IIHLD con dos tratamientos (testigo absoluto y otro con la incorporación del biofertilizante DIMARGON). La investigación se realizó en condiciones semicontroladas.
Resultados: En el estudio sobresalen en cuanto a la altura de las plantas, la longitud de las raíces, el número de hojas y la masa seca de las plantas los cultivares 'T-60' y 'Pablo' inoculados con el biofertilizante DIMARGON con diferencias significativas con respecto al resto de los tratamientos. No obstante, se aprecia una respuesta positiva por su aplicación en cada uno de los cultivares, lo que denota la efectividad de la aplicación de este bioproducto.
Conclusiones: El estudio aporta información valiosa, ya que propone el empleo de la biofertilización para beneficiar cultivares de tomate bajo condiciones de suelos salinos.

Palabras clave: *bioproducto, cultivares, suelos salinos.*

Effect of the salinity on the germination of cultivars of grains under conditions *in vitro*

Abstract

Context: Salinity hinders plant growth, especially affecting vegetables. Therefore, strategies such as biofertilization are necessary to improve yield under these conditions. In this context, DIMARGON has demonstrated efficiency in enhancing new research outcomes.
Objective: Evaluate the response of tomato cultivars (*Solanum lycopersicum* L.) biofertilized with DIMARGON on salinized Vertisol soil
Methods: Cultivars 'T-60' and 'FL-5' from INIFAT, and cv 'Daniel' and 'Pablo' from IIHLD were used with two treatments: an absolute control and one with the incorporation of the DIMARGON biofertilizer. The research was conducted under semi-controlled conditions.
Results: Notably, cultivars 'T-60' and 'Pablo' inoculated with DIMARGON showed significant differences in plant height, root length, number of leaves, and dry mass compared to other treatments. Nevertheless, all cultivars exhibited positive responses to biofertilization, indicating the effectiveness of this bioproduct.
Conclusions: This study provides valuable information supporting biofertilization to benefit tomato cultivars under saline soil conditions.

Key words: *bioproduct, cultivars, saline soil.*

Introducción

La salinidad es un fenómeno cada vez más creciente que origina variaciones en el crecimiento de las plantas por la baja absorción y distribución de los nutrientes esenciales (Hameed et al., 2021), lo que dificulta el crecimiento de los cultivos, y dentro de ellos con una afectación marcada en las hortalizas. De ahí la necesidad de utilizar estrategias como la biofertilización (Mamani, 2023) para mejorar el rendimiento bajo estas condiciones; mucho más si se conoce que el cambio climático impacta severamente a la región de Latinoamérica por su vulnerabilidad (Soto-Cevallos, 2022). Dentro de ella, Cuba, presenta el 14,9 % de la superficie agrícola afectada por estas condiciones y se estima que el 15 % o más del área bajo riego pueda salinizarse (ONEI, 2021), lo que constituye una amenaza creciente para el desarrollo de la agricultura en el país.

Al respecto se describe que la conductividad eléctrica constituye el principal indicador de incremento de sal, ya que aumenta la tensión osmótica en los suelos y afecta el desarrollo vegetal por toxicidad iónica (Karunanantham et al., 2022), lo que induce a cambios morfológicos, anatómicos, fisiológicos y bioquímicos que impactan la producción agrícola (Chourasia et al., 2022, Gaikwad et al., 2022).

Dentro de las hortalizas, el tomate (*Solanum lycopersicum* L.), constituye uno de los cultivos más demandados, que además, posee un alto contenido nutricional (Chaudhary et al., 2018), lo que constituye una de las premisas fundamentales para nuevas investigaciones. En este contexto, el país tiene identificados un grupo de bioproductos registrados, aprobados para su producción a gran escala, cuya aplicación ha adquirido cada vez más importancia desde el punto de vista económico y ecológico (Farrés, 2023) entre los que se destaca el biofertilizante DIMARGON obtenido por especialistas del INIFAT elaborado a partir de una cepa de *Azotobacter chroococcum*. Su formulación ha demostrado alta efectividad sobre varios cultivos, con resultados positivos en distintos tipos de suelos, condiciones de producción e incluso, áreas geográficas (Martínez & Dibut, 2012).

Sin embargo, hasta el momento no se cuenta con evidencias que avalen estudios específicos con DIMARGON en suelos salinos en el cultivo del tomate. Aunque si está bien documentada la tolerancia de *Azotobacter*, como género, frente a varias condiciones adversas (Chennappa et al., 2018). Puede desarrollarse a rangos de pH entre 4.5 y 9 y es capaz de formar quistes, lo que le permite sobrevivir frente a condiciones de salinidad (Sánchez-Yánez et al., 2022) y, además, forma biopelículas y produce polisacáridos los que favorecen su supervivencia. Todos estos aspectos demuestran la necesidad de evaluar la respuesta de cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) biofertilizados con DIMARGON sobre un suelo Vertisol salinizado como propuesta para agroecosistemas afectados por esta condición.

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en áreas del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt” (INIFAT), ubicado en Santiago de Las Vegas, municipio Boyeros, provincia La Habana, Cuba.

Germoplasma empleado: cultivares de tomate 'T-60' y 'FL-5' procedentes del Banco Central de Germoplasma del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt”, INIFAT y los cv 'Daniel' y 'Pablo' pertenecientes al Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova" (IIHLD). Todos ellos seleccionados por mostrar atributos relacionados con su tolerancia a la salinidad en estudios anteriores.

Obtención del biofertilizante DIMARGON: se utilizó la cepa de *Azotobacter chroococcum*, conservada en la Colección de Bacterias Beneficiosas del INIFAT para obtener el producto se utilizó el medio de cultivo DIMARGON-M (Dibut et al., 2003) en un proceso de fermentación sumergida, con una agitación (zaranda orbital EDMUD BUHLER) de 200 r.p.m durante 48 horas y a una temperatura de 30

°C, hasta alcanzar una concentración celular de 10^{10} UFC mL^{-1}.

Aplicación del biofertilizante: Se asperjó en el suelo en el momento de la siembra, con una mezcla del producto final de la fermentación, a razón de 1:10 (v:v) en agua común.

Ensayo en condiciones semicontroladas: Los cultivares se sembraron a partir de dos semillas por macetas, con un volumen de 360 cm^3 por cada una en un suelo Vertisol salinizado según referencias de Hernández-Jiménez et al., (2023). Se emplearon, dos tratamientos (un testigo absoluto y otro con la incorporación del biofertilizante DIMARGON) y tres repeticiones.

Evaluación de las plantas: Se tomaron 10 plantas por cada cultivar a las que se le determinó a los que se les determinó a los 30 días la altura de las plantas (cm), longitud de las raíces (cm), diámetro del tallo (cm), número de hojas (u) y masa fresca de las plantas (g).

Análisis estadístico: En los experimentos se utilizó un Diseño de Bloques al Azar. El procesamiento de la información se realizó mediante el programa STATGRAPHICS Plus versión 5.0 Online Manual, 2000. Las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos para las variables analizadas se discriminaron según la prueba de Rangos Múltiples de Duncan al 5 % de significación.

Resultados y Discusión

El suelo en estudio, Vertisol salinizado se caracterizó por presentar una conductividad eléctrica superior a 8 dS/m^{-1}, aspecto que limita el adecuado desarrollo de los cultivos (Hernández-Jiménez et al., 2023) en sentido general. La salinidad se considera el factor abiótico principal por su afectación a las plantas, aumenta la conductividad eléctrica, limita la estructura del suelo, baja la densidad aparente y el potencial hídrico y además, reduce la absorción de nutrientes esenciales como el nitrógeno, el fósforo y el potasio (Mukhopadhyay Huang et al., 2023). Se plantea que el aumentar las concentraciones de NaCl en el suelo se limita el adecaudo avance de los cultivos poralteraciones bioquímicas y fisiológicas que se producen en esta condición, ya que provoca desajustes en la captación y asimilación de los nutrientes (Chourasia et al., 2022).

Por esta razón, se considera benefisioso emplear microorganismos rizosféricos como biofertilizantes, ya que estos contribuyen a enfrentar diversos estreses que limitan el desarrollo de las plantas.

En la Tabla 1. se muestran resultados sobresalientes en cuanto a la altura de las plantas en los cultivares 'T-60' y 'Pablo'inoculados con el biofertilizante DIMARGON con diferencias significativas con respecto al resto de los tratamientos. No obstante, se aprecia una respuesta positiva al aplicar el biofertilizante DIMARGON en cada uno de los cultivares, lo que denota la efectividad de su aplicación.

En este sentido, es importante destacar que en investigaciones anteriores se demostró que esta cepa de *Azotobacter* tolera condiciones de salinidad y asimismo, otros estreses como la sequía, variaciones de pH y de temperaturas (Rios-Rocafull et al., 2024), aspecto que pudo contribuir a los resultados que se muestran en el estudio. Tendencia que se mantiene en el caso del cultivar T-60 el que con anterioridad mostró resultados relevantes en indicadores como el porcentaje y la velocidad de germinación (PG) a 50 mM de NaCl (Ortega-García et al., 2025), con respecto a otros 13 cultivares evaluados, todos procedentes del Banco Central de Germoplasma del INIFAT.

Tabla 1. Evaluación de altura de las plantas (cm), de los cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) seleccionados por su tolerancia relativa a la salinidad: 'T-60' y 'FL-5' (INIFAT) y los cv 'Daniel' y 'Pablo' (IIHLD) sobre un suelo Vertisol salinizado con dos tratamientos: un testigo absoluto y otro con la aplicación del biofertilizante DIMARGON

Tratamientos	Altura de la planta (cm)
'FL-5' + DIMARGON	8,15 ab
'FL-5'	6,67 d
'T-60' + DIMARGON	8,88 a
'T-60'	7,92 bc
'Daniel' + DIMARGON	7,99 ab
'Daniel'	6,77 d
'Pablo' + DIMARGON	8,85 a
'Pablo'	7,09 cd
Esx	0,3197

Letras iguales no difieren significativamente entre sí, según la prueba de Rangos Múltiples de Duncan, a= 0,05, n= 10.

Por su parte, en el cultivo del tomate se mencionan que entre los efectos beneficiosos que genera la alicación de *Azotobacter* en un suelo Ferralítico rojo se encuentran el incremento de la altura, el área radical y el rendimiento en la cosecha final (Dibut, 2009), aunque este trabajo se desarrollo en condiciones totalmente diferentes a las del presente estudio.

Aunque, de igual forma otros autores describen también, la efectividad de cepas nativas de *Azotobacter* spp. en un suelo fuertemente alcalino (pH 8.24) con una textura franco areno arcilloso y un contenido bajo de materia orgánica y medianamente

salino (CE 5.14 dS/m $^{-1}$) con valores en este último indicador inferiores al suelo empleado en el presente trabajo, aunque al igual se destacó los altos valores en la biomasa seca total de las plantas, lo que denota las potencialidades de esta bacteria en condiciones adversas (Escobar et al., 2011).

Otros estudios refieren de igual forma, como la concentración de NaCl afectó la longitud del tallo, observándose una reducción del tamaño a medida que se incrementó la concentración de este elemento (Abdel-Farid et al., 2020), lo que demuestra la capacidad de esta bacteria frente a diferentes estreses, ya que la misma favoreció los resultados obtenidos con los cuatro cultivares evaluados en este trabajo en este indicador.

En la Tabla 2. se destacan en el largo de la raíz (cm) de igual forma a lo que ocurrió en la altura de las plantas en los cv 'T-60' y 'Pablo'inoculados con el biofertilizante DIMARGON y se aprecia también su efectividad en cada uno de los cultivares en estudio.

En el caso específico del crecimiento de las raíces, la disminución de estas reduce la capacidad de absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas, de ahí la importancia de incrementar este organo en el cutivo.

Tabla 2. Evaluación del largo de la raíz (cm), de los cultivares de tomate *(Solanum lycopersicum* L.) seleccionados por su tolerancia relativa a la salinidad: 'T-60' y 'FL-5' (INIFAT) y los cv 'Daniel' y 'Pablo' (IIHLD) sobre un suelo Vertisol salinizado con dos tratamientos: un testigo absoluto y otro con la aplicación del biofertilizante DIMARGON

Tratamientos	Largo de la raíz (cm)
'FL-5' + DIMARGON	2,03 b
'FL-5'	1,77 c
'T-60' + DIMARGON	3,63 a
'T-60'	2,38 cd
'Daniel' + DIMARGON	2,61 b
'Daniel'	1,54 e
'Pablo' + DIMARGON	3,2 a
'Pablo'	2,54 b
Esx	0,2553

Letras iguales no difieren significativamente entre sí, según la prueba de Rangos Múltiples de Duncan, a= 0,05, n= 10.

Se describe que las especies de *Azotobacter* frecuentemente son encontradas en asociación con las raíces de diferentes cultivos y en suelos desde ligeramente ácidos hasta alcalinos (Aasfar et al., 2021), característica favorable para su adaptabilidad frente a diferentes ambientes. De igual forma, sobre este género bacteriano se plantea su tolerancia a concentraciones de 2 y 4 % de sal, aunque algunas especies toleran entre 8 y 10% (Abo-amer et al., 2014). Además, produce quistes que le permiten soportar la desecación (Martínez-Ortiz et al., 2020) y sobrevivir al menos 10 años en el suelo (Noar et al., 2018), aspectos que demuestran las potencialidades de este género y las posibles bondades del mismo en asociación con los cultivos.

En la Tabla 3. coinciden en la mejor respuesta los cultivares 'T-60' y 'Pablo'inoculados con el biofertilizante DIMARGON en cuanto al número de hojas (u). Sobre esta variable se muestra una tendencia similar al resto de los indicadores avaluados con la biofertilización, lo que demuestra la efectividad de su aplicación en cultivares de tomate.

Otros autores, de igual forma, plantean la efectividad de la aplicación con *Azotobacter* como promotor del crecimiento de las plantas a través de mecanismos como la producción de hormonas del crecimiento como el ácido indol acético. la liberación de sideróforos y la fijación de nitrógeno (Sumbul et al., 2020). Sobre este último se conoce que incrementa la disponibilidad de nitrógeno soluble en el suelo haciéndolo utilizable para las plantas, ya que el nitrógeno es un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas, involucrado en procesos como la síntesis de proteínas y la fotosíntesis (Fathi, 2022). Esta bacteria además, es capaz de producir hasta 20 kg de nitrógeno por hectárea en un año. lo que la convierte en un valioso recurso para su uso en la agricultura (Mankar et al., 2020).

Tabla 3. Evaluación del número de hojas (u), de los cultivares de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) seleccionados por su tolerancia relativa a la salinidad: 'T-60' y 'FL-5' (INIFAT) y los cv 'Daniel' y 'Pablo' (IIHLD) sobre un suelo Vertisol salinizado con dos tratamientos un testigo absoluto y otro con la aplicación del biofertilizante DIMARGON

Tratamientos	Número de hojas (u)
'FL-5' + DIMARGON	3,3 b
'FL-5'	2,7 c
'T-60' + DIMARGON	3,7 a
'T-60'	3,3 b
'Daniel' + DIMARGON	3,3 b
'Daniel'	2,8 c
'Pablo' + DIMARGON	3, 5 a
'Pablo'	3,0 b
Esx	0,2874

Letras iguales no difieren significativamente entre sí, según la prueba de Rangos Múltiples de Duncan, a= 0,05, n= 10.

En la Tabla 4. se corrobora en la masa fresca de las plantas (g) el comportamiento de los indicadores

evaluados anteriormente, se ratifica la superioridad de los cv 'T-60' y 'Pablo'inoculados con el biofertilizante DIMARGON y la efectividad de su aplicación en el resto de los cultivares.

Tabla 4. Evaluación de la masa fresca de las plantas (g), de los cultivares de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) seleccionados por su tolerancia relativa a la salinidad: 'T-60' y 'FL-5' (INIFAT) y los cv 'Daniel' y 'Pablo' (IIHLD) sobre un suelo Vertisol salinizado con dos tratamientos un testigo absoluto y otro con la aplicación del biofertilizante DIMARGON

Tratamientos	Masa fresca plantas (g)
'FL-5' + DIMARGON	0,144 b
'FL-5'	0,092 c
'T-60' + DIMARGON	0,164 a
'T-60'	0,122 b
'Daniel' + DIMARGON	0,128 b
'Daniel'	0,095 c
'Pablo' + DIMARGON	0,159 a
'Pablo'	0,105 b
Esx	0,0105

Letras iguales no difieren significativamente entre sí, según la prueba de Rangos Múltiples de Duncan, a= 0,05, n= 10.

Estudios con diferentes cepas de *A. chroococcum* describen como su aplicación permitió mejorar el peso fresco de brotes, raíces y frutos del tomate (Van Oosten et al., 2018). Además, mostraron capacidad para aumentar el calcio citosólico de las plantas, lo que permite activar la vía de la sal demasiado sensible (SOS por sus siglas en ingles) para la eliminación de Na^+ del citoplasma reduciendo así su toxicidad (Van Oosten et al., 2018)). De igual forma, la producción de biopelículas por *Azotobacter* reduce considerablemente la perdida de agua por evaporación, lo que aumenta la retención de esta en el suelo y estimula el crecimiento de plantas de tomate (Gauri et al., 2012).

La investigación sobre microorganismos PGPB para beneficiar una amplia diversidad de plantas, ha cobrado relevancia en los últimos años, dado su potencial para mejorar la productividad agrícola de manera sostenible (Fernández et al., 2023; Agunbiade et al., 2024)

Muchas de ellos entre sus caracteristicas como potenciales promotores del crecimiento vegetal (PGPB), exhiben capacidades como la solubilización de fosfatos, la fijación de nitrógeno, la fitorremediación, la síntesis de hormonas vegetales y la producción de biopelículas (Lau & Chang, 2024)

Las especies de *Azotobacter*, se destacan por su potencial para inducir la producción de metabolitos secundarios, especialmente fitohormonas y exopolisacáridos que no están presentes en los fertilizantes minerales (Hindersah et al., 2021) aspectos importantes para el desarrollo de los cultivos.

Estos resultados confirman como como el uso de la biofertilización con *Azotobacter*, constituye un componente eficaz para la nutrición de las plantas como contribución hacia la sostenibilidad agricola, lo que también se plantea por otros autores (Beovides-García et al., 2022).

La biofertilización, como estrategia de promoción del crecimiento en plantas de tomate, constituye un tema bastante abordado, no solo con el uso de *Azotobacter*, sino también con el empleo de otros géneros como productores de ácido indol-3-acético, solubilización de fosfato y de sideróforos (Ji et al., 2021). Al inocular con *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Acinetobacter* plantas de tomate expuestas a concentraciones de 100, 150 y 200 Mm de NaCl se empleó *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Acinetobacter*, en todos los casos la salinidad ejerció un efecto negativo en la altura, número de hojas, sobrevivencia, peso fresco y seco del cultivo, sin embargo, en las plantas que no fueron cometidas a estrés salino se observó un resultado positivo en las mismas (Astroza Sepúlveda et al., 2018). Coinciden de igual forma otros autores en que los niveles crecientes de salinidad provocan una reducción considerable en todas las variables evaluadas en el tomate, excepto en la longitud de raíz, aunque al inocular con micorrizas se generó incrementos en la longitud de tallo, el número de hojas, el número de entrenudos, el diámetro de tallo, el peso fresco de tallo y la raíz del cultivo (Ramos-Otiniano et al., 2021). Estos trabajos ilustran la diversidad de respuestas y microorganismos que se emplean en el tomate y el efecto de estos frente a condiciones estresantes.

Los resultados obtenidos en la presente investigación constituyen una importante contribución, ya que demuestran la efectividad de la inoculación del biofertilizante DIMARGON en cultivares de tomate en un suelo Vertisol salinizado y dentro de ellos se destacan los cultivares 'T-60' y 'Pablo' biofertilizados con diferencias significativas con respecto al resto de los tratamientos en cuanto a la altura de las plantas, la longitud de las raíces, el número de hojas y la masa fresca de las plantas, lo que denota la efectividad de la aplicación con este microorganismo.

Conclusiones

Se muestran resultados sobresalientes en todos los indicadores evaluados de los cultivares 'T-60' y 'Pablo' inoculados con el biofertilizante DIMARGON con diferencias significativas con respecto al resto de los tratamientos sin inocular.

Contribución de los autores

Marisel Ortega García: planeación de la investigación, análisis de resultados, redacción del artículo, revisión final.

José Francisco Gil Vidal: análisis de resultados, revisión final.

Gisela Rodríguez Rodríguez: análisis de resultados, revisión final.

Bernardo Dibut Álvarez: análisis de resultados, revisión final.

Yoania Ríos Rocafull: análisis de resultados, revisión final.

Conflictos de interés

No se declaran

Agradecimientos

Los autores agradecen al proyecto "Mejora genética y uso de variedades tradicionales de tomate (*Solanum lycopersicum*, L.), incorporando caracteres demandados por los agricultores." (PN131LH001.58), del Programa Nacional de Ciencia y Técnica "Alimento y su Agroindustria", por el soporte financiero para realizar la investigación.

Referencias

Aasfar, A., Bargaz, A., Yaakoubi, K., Hilali, A., Bennis, I., Zeroual, Y., & Meftah Kadmiri, I. (2021). Nitrogen fixing *Azotobacter* species as potential soil biological enhancers for crop nutrition and yield stability. *Frontiers in Microbiology*, 12, 1–19. https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.628379

Abdel-Farid, I. B. Marghany, M.R., Rowezek, M.M., & Sheded, M. G. (2020). Effect of salinity stress on growth and metabolomic profiling of *Cucumis sativus* and *Solanum lycopersicum*. *Plants*, *9*(11), 1-19. http://www.horticultureresearch.net/

Abo-amer Aly E., Abu-gharbia Magdy A., Soltan, E.-S. M., & Abd El-Raheem, W. M. (2014). Isolation and molecular characterization of heavy metal-resistant *Azotobacter chroococcum* from agricultural soil and their potential application in bioremediation. *Geomicrobiology Journal*, *31*(7), 551–561. https://doi.org/10.1080/01490451.2013.850561

Agunbiade, V. F., Fadiji, A. E., Agbodjato, N. A., & Babalola, O. O. (2024). Isolation and characterization of plant-growth-promoting, drought-tolerant rhizobacteria for improved maize productivity. *Plants*, *13*(10), 1-27. https://doi.org/10.3390/plants13101298

Astroza Sepúlveda, G. D. (2018). Respuesta de plantas de tomate inoculadas con bacterias productoras de acc-deaminasa al estrés por salinidad. http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/1267

Beovides-García, Y., Simó-González, J. E., & Pérez-Peñaranda, M. C. (2022). Plant Growth-Promoting Effects of *Azotobacter* as a Biofertilizer During the Acclimatization Process of Plantains Cultivars. Environ Anal Eco stud. 000733. 10(2). https://doi.org/10.31031/EAES.2022.10.000733

Chaudhary, P., Sharma, A., Singh, B., & Nagpal, A. K. (2018). Bioactivities of phytochemicals present in tomato. Journal of Food Science and Technology, *55*(8), 2833–2849. https://doi.org/10.1007/S13197-018-3221-Z/FIGURES/2

Chennappa, G., Sreenivasa, M.Y., & Nagaraja, H. (2018). *Azotobacter salinestris*: A novel pesticide-degrading and prominent biocontrol PGPR bacteria. *Microorganisms for Green Revolution*, 23–43. https://doi.org/10.1007 / 978-981-10-7146-1_2

Chourasia, K., More, S., Kumar, A., Kumar, D., Singh, B., Bhardwaj, V., Kumar, A., Das, S., Singh, R., Zinta, G., Tiwari, R., & Lal, M. (2022). Salinity responses and tolerance mechanisms in underground vegetable crops: an integrative review. Planta, 255, 68. https://doi.org/10.1007/s00425-022-03845-y

Dibut B, Martínez R, Ríos Y, Ortega, M. (2003). DIMARGON-M, nueva variante nutritiva para la producción de biofertilizantes y bioestimuladores a base de *Azotobacter*. En: Resúmenes del V Encuentro de Agricultura Orgánica, La Habana, 36p. https://www.agrotecnia,edicionescervantes,com

Dibut, B., (2009). Biofertilizantes como insumos en agricultura sostenible. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical. La Habana, Cuba. Editorial Universitaria. Disponible en: http://revistas.mes.edu.cu

Escobar, C., Horna, Y., Carreño, C., & Mendoza, G. (2011). Caracterización de cepas nativas de *Azotobacter* spp. y su efecto en el desarrollo de *Lycopersicon esculentum* Mill. "Tomate" en Lambayeque. *Scientia Agropecuaria*, *2*(1), 39-49. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2011-01.05

Farrés, E. (2023). Bioproductos para la producción de frutas. IIFT- AgroFrutales. La Habana, Cuba. Disponible en: https://www.undp.org

Fathi, A., & Afra, J. M. (2023). Plant Growth and Development in Relation to Phosphorus: A review. Bulletin of the University of

Agricultural Sciences & Veterinary Medicine Cluj-Napoca. *Agriculture*, *80*(1), 1-7. https://doi.org/10.15835/buasvmcn-agr:2022.0012

Fernández, L., Castaño, C., García, P., Saran, A., Lorda, G., & Merini, L. (2023). Isolation and characterization of plant growth promoting bacteria (PGPB) from Larrea divaricata Cav., with potential use in phytoremediation of mining soils. *Environmental Sustainability*, 6(2), 271-281. https://doi.org/10.1007/s42398-023-00272-x

Gauri, S. S., Mandal, S. M., & Pati, B. R. (2012). Impact of *Azotobacter* exopolysaccharides on sustainable agriculture. *Applied microbiology and biotechnology*, *95*(2), 331–338. https://doi.org/10.1007/s00253-012-4159-0

Gaikwad, D. J., Ubale, N. B., Pal, A., Singh, S., Ali, M. A., & Maitra, S. (2022). Abiotic stresses impact on major cereals and adaptation options - A review. *Res. Crop 23*, 896–815. https//doi.org10.31830/2348-7542.2022.ROC-913

Hameed, A., Ahmed, M. Z., Hussain, T., Aziz, I., Ahmad, N., Gul, B., & Nielsen, B. L. (2021). Effects of salinity stress on chloroplast ctructure and function. *Cells*, *10*(8). https://doi.org/10.3390/CELLS10082023

Hernández-Jiménez, A., López-Pérez, D., & Morales-Díaz, M. (2023). Métodos de análisis para calcular el contenido en sales de los suelos de Cuba. *Agrotecnia de Cuba*, *47*(1), 93–97. https://agrotecnia.edicionescervantes.com/index. php/agrotecnia/article/view/19

Hindersah, R., Kamaluddin, N. N., Samanta, S., Banerjee, S., & Sarkar, S. (2021). Role and perspective of *Azotobacter* in crops production. *Journal of Soil Science and Agroclimatology*, *17*(2), 170–179. https://doi.org/10.20961/STJSSA.V17I2.45130

Huang, K., Li, M., Li, R., Rasul, F., Shahzad, S.,Wu C., Shao, J., Huang, G., Li, R., Almari, S., Hashem, M., and Aamer, M. (2023) Soil acidification and salinity: the importance ofbiochar application to agricultural soils. Front. *Plant Sci. 14*, 1206820. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1206820

Ji, C., Zhang, M., Kong, Z., Chen, X., Wang, X., Ding, W., Lai, H., & Guo, Q. (2021). Genomic analysis reveals potential mechanisms underlying promotion of tomato plant growth and antagonism of soilborne pathogens by *Bacillus amyloliquefaciens* Ba13. *Microbiology Spectrum*, *9*(3). https://doi.org/10.1128/SPECTRUM.01615-21

Karunanantham, K., Lakshminarayanan, S., Ganesamurthi, A., Ramasamy, K., & Rajamony, V. (2022). Arbuscular mycorrhiza—A health engineer for abiotic stress alleviation. En R. C., Dubey, & P. , Kumar, *Rhizosphere Engineering*, (pp. 171–198) Londres: Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89973-4.00019-3

Lau, S. H., & Chang, Y. T. (2024). Selective biodegradation of octylphenol polyethoxylates with dif ferent ethoxylate length chains by aerobic bacterial culture. *Chemosphere*, 361, 142538. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.142538

Mamani, A. (2023). Biofertilizantes a base de microorganismos beneficiosos y materia orgánica: una revisión sistemática. *Revista Acciones Médicas*, *2*(4). 43-55. https://doi.org/10.35622/j.ram.2023.04.004

Martínez, R., & Dibut, B. (2012). *Biofertilizantes bacterianos.* Editorial Científico-Técnica. Instituto Cubano del Libro, La Habana.

Martínez-Ortiz, I. C., Ahumada-Manuel, C. L., Hsueh, B. Y., Guzmán, J., Moreno, S., Cocotl-Yañez, M., Waters, C. M., Zamorano-Sánchez, D., Espín, G., & Núñez, C. (2020). Cyclic di-GMP-mediated rof extracellular mannuronan C-5 epimerases is essential for cyst formation in *Azotobacter vinelandii*. *Journal of bacteriology*, *202*(24), e00135-20. https://doi.org/10.1128/JB.00135-20

Noar, J. D., & Bruno-Bárcena, J. M. (2018). *Azotobacter vinelandii*: the source of 100 years of discoveries and many more to come. *Microbiology* (Reading, England), *164*(4), 421–436. https://doi.org/10.1099/mic.0.000643

ONEI, (2021). *Anuario Estadístico de Cuba: Agricultura, ganadería y pesca.* Edición 2021

Ortega-García, M., Ríos Rocafull, Y., Ortiz Nuñez, Y., Fernández Granda, L., & Gil Vidal, J. F. (2025). Comportamiento de cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cubanos frente a diferentes condiciones de salinidad. *Agrisost*, *31*, 1-6. https://doi.org/10.5281/zenodo.15012911

Ramos-Otiniano C. C., Hidalgo Rodríguez J.E.M., Vera Vega M.Á., Pedro Huaman J.J., Rodríguez Seminario C.E., & Chaman Medina M.E., (2021). Efecto del NaCl y micorrizas (Rhizophagus irregularis) en el crecimiento de "tomate" *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae). *Arnaldoa, 28* (3), 675-692. http://doi.org/10.22497/arnaldoa.283.28312

Rios-Rocafull, Y., Ramos García, B., & Ortega García, M. (2024). Potencial estimulador del crecimiento de cepas de *Azotobacter* aisladas de agroecosistemas cubanos. *Agrisost, 30*, 1-8. https://doi.org/10.5281/zenodo.14610138

Sánchez-Yánez, J. M., Velázquez-Medina, A., Cabrera-Reinaldo, I., Amador-Vargas, W.L., & Vela-Muzquiz, G. R. (2022). Supervivencia de *Azotobacter* y otros grupos microbianos en suelo seco almacenado. *Journal of the Selva Andina Research Society*, *13*(1), 3-15. ID: 154/JSARS/2021

Soto-Cevallos J. A (2022). El cambio climático y su efecto en la biodiversidad. *Revista de Ciencias Agropecuarias ''ALLPA'', 5* (10). 2600-5883. https://doi.org/10.56124/allpa.v5i10.0051

Sumbul, A., Ansari, R. A., Rizvi, R., & Mahmood, I. (2020). *Azotobacter:* A potential bio-fertilizer for soil and plant health management. *Saudi journal of biological sciences*, *27*(12), 3634–3640. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.08.004

Van Oosten, M. J., Di Stasio, E., Cirillo, V., Silletti, S., Ventorino, V., Pepe, O., Raimondi, G., & Maggio, A. (2018). Root inoculation with *Azotobacter chroococcum* 76A enhances tomato plants adaptation to salt stress under low N conditions. *BMC plant biology*, *18*(1), 205. https://doi.org/10.1186/s12870-018-1411-5