

## Nota Técnica

# EVALUACIÓN DEL BACTERIOMA DE DISTINTOS SUSTRATOS PARA ESTABLECER HUERTOS URBANOS

Larisa Alonso Moreno<sup>1</sup>, Cristian Lizarazo Ortega<sup>2</sup> y Guadalupe Rodríguez Castillejos<sup>1</sup>

## RESUMEN

Los huertos urbanos son una alternativa para la obtención de alimentos; además, promueven el cuidado del ambiente y la cohesión social. Sin embargo, es fundamental contar con sustratos adecuados para el crecimiento de las plantas y aumentar la producción. Las bacterias presentes en el suelo de un cultivo determinan en gran parte el éxito de la cosecha. El objetivo del trabajo fue caracterizar el bacterioma de distintos sustratos que se utilizan en huertos urbanos. Se analizaron cuatro sustratos: turba, por su uso extendido en huertos y jardines; tierra negra (de vivero); tierra agrícola (de la zona norte de Tamaulipas, México) y una mezcla de tierra agrícola con humus de lombriz y micorrizas. Se obtuvo ADN genómico de todos los sustratos y se amplificó la región 16S; las secuencias se analizaron con la aplicación 16S Metagenomics. Se determinó que los filos con mayor prevalencia fueron las actinobacterias, proteobacterias y firmicutes y, en cuanto a los géneros, destacan *Bacillus*, *Solirubrobacter*, *Rubrobacter* y *Streptomyces*. Todos estos microorganismos han sido relacionados con beneficios para los cultivos, por lo que su presencia podría favorecer el crecimiento de diversas especies vegetales cultivadas en huertos urbanos.

**Palabras clave adicionales.** Ambiente, cultivos alternativos, genoma, seguridad alimentaria

## ABSTRACT

### Assessment of the bacterial community in different substrates for establishing urban gardens

Urban gardens offer an alternative way to obtain food; they also promote environmental stewardship and social cohesion; however, it is essential to use substrates that are suitable for plant growth and to increase production. The bacteria present in a crop's growing medium largely determine the success of the harvest; therefore, the objective of this study was to characterize the bacterial community of different growing media used in urban gardens. Four substrates were analyzed: peat moss, due to its widespread use in gardens and orchards; black soil (from a nursery); agricultural soil (from northern Tamaulipas, Mexico); and a mixture of agricultural soil with worm castings and mycorrhizae. Genomic DNA was extracted from all substrates and the 16S region was amplified; the sequences were analyzed using the 16S Metagenomics application. The most prevalent phyla were found to be Actinobacteria, Proteobacteria, and Firmicutes; and among the genera, *Bacillus*, *Solirubrobacter*, *Rubrobacter*, and *Streptomyces* stood out. All these microorganisms have been linked to benefits for crops, so their presence could promote the growth of various plant species cultivated in urban gardens.

**Additional keyword:** Alternative crops, environment, food security, genome

---

Editor Asociado: Prof. María Elena Sanabria Chópite

---

## INTRODUCCIÓN

La seguridad alimentaria se alcanza cuando las personas tienen acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, nutritivos e inocuos, que permitan satisfacer sus necesidades; por tanto, esto implica su accesibilidad, disponibilidad y procesado. Sin embargo, en el 2020 la Organización de las Naciones Unidas para la

Alimentación y la Agricultura (FAO) estimó que más de 700 millones de personas en todo el mundo padecían hambre, aunado a que más de 50 millones de menores de 5 años están desnutridos (Du Toit *et al.*, 2022). Entre las estrategias para combatir la inseguridad alimentaria se encuentra la crianza de ganado menor y el establecimiento de huertos urbanos (particulares, comunitarios y escolares). Se reconoce que la agricultura urbana

---

Recibido: Septiembre 23, 2025

Aceptado: Marzo 24, 2026

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Tamaulipas. UAM Reynosa Aztlán. Col. Aztlán, Reynosa, México.

e-mail: a2113245142@alumnos.uat.edu.mx; gcastillejos@docentes.uat.edu.mx (autor de correspondencia)

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional. Centro de Biotecnología Genómica. Col. Narciso Mendoza, México.

e-mail: clizarazu@ipn.mx

no solo proporciona alimentos saludables, sino que también contribuye a mejorar la salud mental, al cuidado del planeta y al aumento de la resiliencia urbana (Aerts *et al.*, 2016; Gulyas y Edmondson, 2021). Uno de los principales problemas de los huertos urbanos, y en general del paisajismo verde, es el uso desmedido de fertilizantes químicos que producen efectos nocivos a las plantas o hasta intoxicaciones accidentales; sin embargo, diversas bacterias y hongos simbióticos también pueden proporcionarle esos nutrientes que le permitan no solo crecer más rápido, sino responder al estrés del ambiente urbano (Stewart *et al.*, 2024). Por ello, resulta importante conocer el microbioma de los sustratos utilizados en los huertos para mejorar la sostenibilidad de la producción alimentaria; la información actual, se centra sólo en el estudio de suelos de cultivos extensivos (Rana *et al.*, 2024).

El conocimiento de las bacterias presentes en los diversos sustratos para cultivo permite saber en cuál se encuentran microorganismos con potencial de aumentar la producción y el rendimiento de éstos. Rana *et al.* (2024) analizaron el bacterioma de huertos ubicados en azoteas y superficiales, ambos en zonas urbanas, señalando 21 filos, 45 clases, 173 familias y más de 293 géneros bacterianos; resultando que los suelos superficiales tuvieron mayor diversidad. Dentro de los filos compartidos por los dos tipos de suelo evaluados, destacaron *Bacilliota* (61,14 %), *Pseudomonadota*, *Actinobacteria* y *Bacteroidota*. En ambos sustratos se encontraron géneros bacterianos con potencial para mejorar el crecimiento de las plantas, dando como resultado una producción sostenible de alimentos. En las zonas urbanas, el suelo generalmente no es considerado con la importancia necesaria, son ampliamente manipulados y contaminados, lo que disminuye sus propiedades. De acuerdo con Vannucchi *et al.* (2021) en los estudios de suelos en huertos urbanos, suele analizarse el microbioma después de los cultivos; sin embargo, es importante analizarlo en un sustrato previo a la siembra. Se requiere un mayor número de investigaciones en el estudio y desarrollo de sustratos para satisfacer las necesidades actuales y que sean hábitats adecuados y exitosos para cultivos en zonas urbanas. La creación de ecosistemas urbanos saludables no solo beneficia al ambiente y a las especies vegetales, porque la

presencia de microorganismos en espacios verdes urbanos puede incluso mejorar la salud humana y animal; por ello surge el concepto de “urbanismo multiespecie”, el cual propone que para un mejor desarrollo es necesario tomar en cuenta todas las interacciones, entre humanos y no humanos, incluidos los microorganismos (Robinson *et al.*, 2021). Stewart *et al.* (2024) mencionaron que se debe dar mayor importancia al estudio de la relación planta-microbio antes de iniciar un proyecto de huertos urbanos o arquitectura paisajística. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar el bacterioma en distintos sustratos con la finalidad de implementarlos en huertos urbanos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las condiciones ambientales y climáticas de la ciudad de Reynosa, que tiene un clima seco estepario, muy cálido en verano con temperaturas que llegan hasta 40 °C (mayo a agosto) y en invierno por debajo de los 10 °C y suelos del tipo cambisol calcárico, xerosol y litosol, suelen ser una dificultad para el crecimiento de vegetales. En ese sentido, como una vía para mejorar las condiciones del suelo, se analizaron cuatro posibles sustratos para uso en huertos urbanos: (1) turba; (2) tierra negra; (3) tierra agrícola; y, (4) tierra preparada (tierra agrícola con humus de lombriz, micorrizas, relación 3:1:1. La turba se obtuvo de una tienda de suministros para jardinería, la tierra negra de un vivero local y la agrícola fue donada por un productor de sorgo de Río Bravo, Tamaulipas.

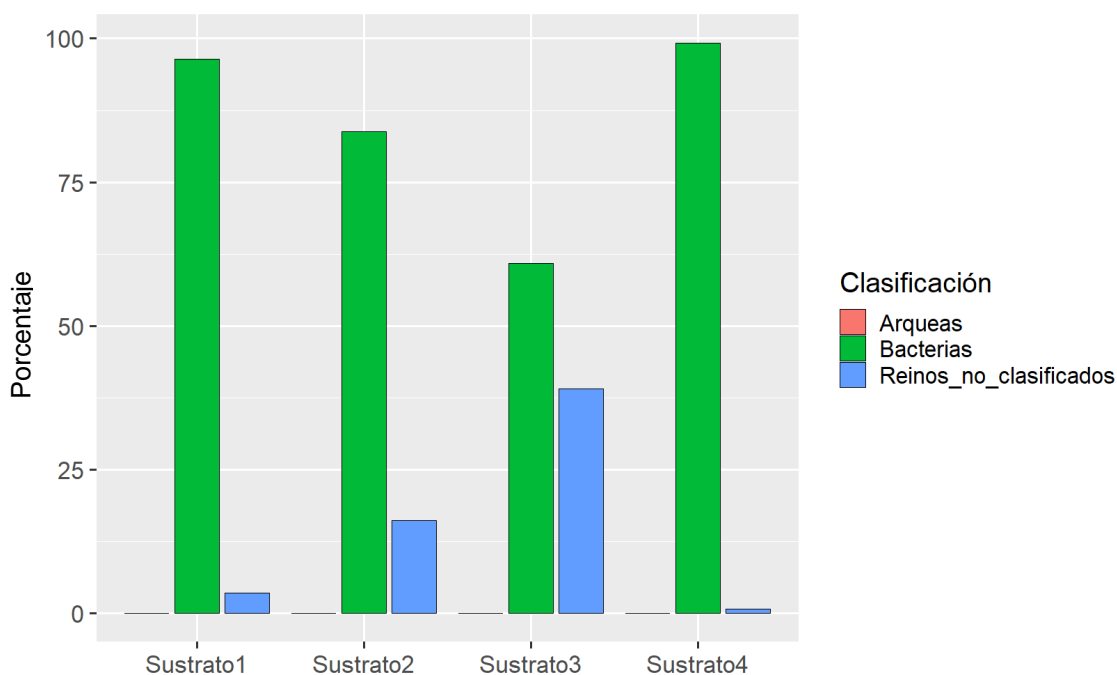
El primer paso consistió en la extracción del ADN metagenómico con el kit comercial Quick-DNA Fecal/SoilMicrobe DNA Miniprep Kit (ZymoResearch CatD6010); posteriormente, se amplificaron 492pb de la región 16S; ésta abarca 190pb del extremo 3' de la región denominada V2-V3 y 302pb del extremo 3' de la llamada V3-V4. Para el análisis de las secuencias se utilizó la aplicación 16S Metagenomics, que realiza una separación taxonómica de lecturas de amplicón de ARNr 16S utilizando una base de datos taxonómica. La clasificación se efectúa mediante el flujo de trabajo de metagenómica Illumina 16S, disponible en el programa MiSeqReporter. La clasificación de los distintos niveles (filo, clase, orden, familia y género) se realizó mediante un

algoritmo basado en una implementación de alto rendimiento del clasificador Ribosomal Database Project (RPD), empleando un método probabilístico de discriminación para la identificación a partir de las secuencias de ARNr 16S. Los resultados se expresaron en términos de abundancia relativa (%) de los taxones identificados (Cole *et al.*, 2005).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El bacterioma de los distintos sustratos analizados lo integran más de 2000 especies de bacterias. Se identificaron 127 órdenes siendo que los más representativos corresponden a Actinomycetota, Bacillales, Acidobacterias,

Rhizobiales, y en menor número Frankiales, Micobacteriales, Rickettsiales, Bifidobacteriales y Lactobacillales. Los resultados indicaron que los microorganismos son de distintos reinos (bacterias, algunas arqueas) y otros que no fue posible clasificar (Figura 1). Generalmente, las bacterias suelen ser un reino dominante en los sustratos agrícolas por su adaptación a distintas condiciones y la habilidad de colonizar diferentes entornos, donde su diversidad genética le permite adaptarse a nuevos hábitats y le confiere la capacidad de sobrevivir a situaciones ambientales extremas por su resistencia; incluso, algunas de ellas, hacen simbiosis con otros organismos (Reineke y Schlömann, 2023).



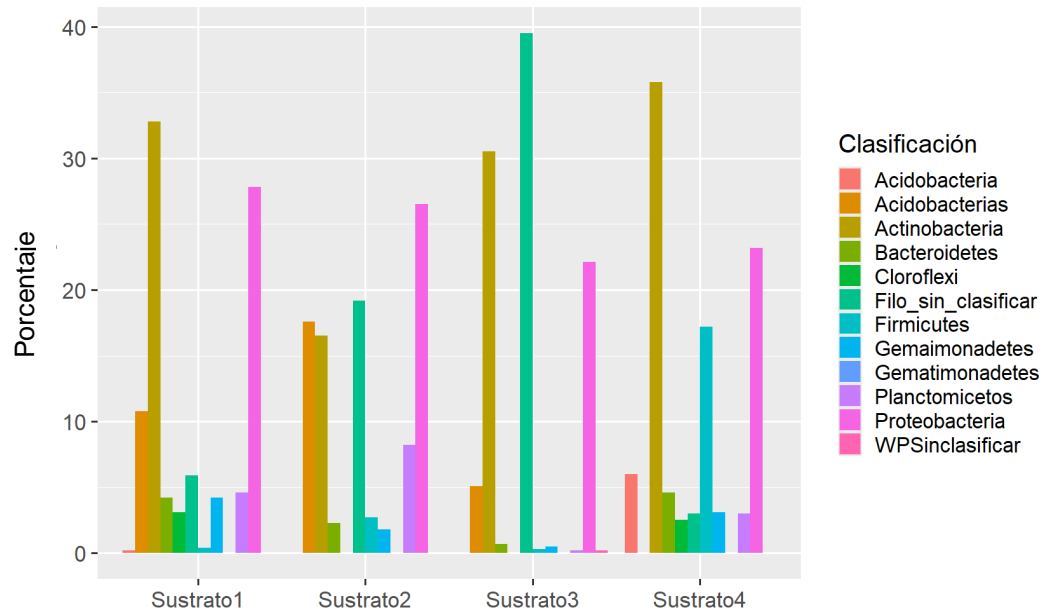
**Figura 1.** Porcentaje de bacterias y arqueas en los distintos sustratos: suelo 1 (turba); suelo 2 (tierra negra); suelo 3 (tierra preparada); suelo 4 (tierra agrícola).

Por su parte, las arqueas representaron menos de 1 %, son adaptables al igual que las bacterias, lo que les permite sobrevivir a múltiples condiciones climáticas (Jaffe *et al.*, 2023). Sin embargo, hubo un porcentaje importante de microorganismos no clasificados (20 a 40 %); esto es común en muestras que albergan comunidades microbianas numerosas, sea que se trate de nuevas especies o las secuencias de lectura no sean lo

suficientemente completas como para identificarlas (Furtak *et al.*, 2020). En la Figura 2 se muestra la clasificación por filo. Las más abundantes fueron las actinobacterias, seguidas de las alfa proteobacterias. Las actinobacterias representan de un 17,5 a 35,9 %; este grupo contribuye a la descomposición de la materia orgánica de la tierra y son útiles para la liberación de ciertos nutrientes indispensables para las

plantas, ayudando a mantener un equilibrio en el sustrato. Su capacidad para producir enzimas y metabolitos es bastante benéfica, porque ayuda a las mismas plantas a protegerse de contraer enfermedades (Gazdag *et al.*, 2019). Estas bacterias grampositivas, tienden a mejorar la retención del agua y la aireación de los suelos, mejorando la calidad y el crecimiento de las raíces; además, algunas de ellas tienen la capacidad de degradar sustancias como

hidrocarburos y pesticidas, disminuyendo la contaminación (Mitra, *et al.*, 2022). Mientras que las proteobacterias representan en la gráfica de filo de 22,1 a 27,7 %; se reconocen por su aporte de nitrógeno, fósforo, carbono y potasio; además, desempeñan actividades importantes en el crecimiento, el rendimiento y la salud en general de las plantas, mejorando la calidad de los frutos y las semillas (Zhang *et al.*, 2022).



**Figura 2.** Clasificación de microorganismos por filo en los distintos sustratos suelo 1 (turba); suelo 2 (tierra negra); suelo 3 (tierra preparada); suelo 4 (tierra agrícola).

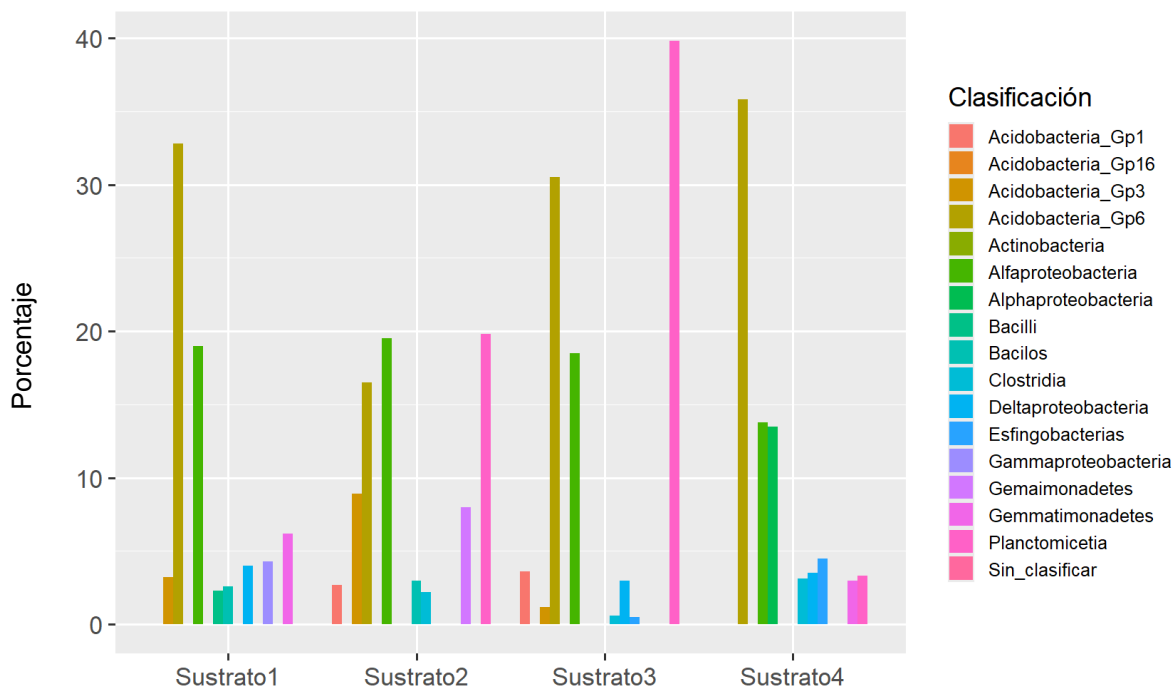
En la clasificación por clase (Figura 3) las bacterias encontradas de forma abundante en la tierra negra fueron los planctomicetos que, aunque no son tan comunes, presentan funciones en los suelos que favorecen al ciclo de nutrientes, al metabolismo del nitrógeno, mantienen la estabilidad de la tierra promoviendo efectos positivos en la productividad agrícola y en la salud del sustrato (Paes da Costa *et al.*, 2024). Por su parte, las acidobacterias son comunes y se encontraron tanto en la turba como en la tierra agrícola; se ha demostrado que tienen una serie de beneficios para la tierra de cultivo, incluyendo la mejora de la fertilidad del suelo, la promoción del crecimiento de las plantas y la resistencia a enfermedades; ciertas cepas son capaces de colonizar las raíces y mejorar la absorción de nutrientes (Vacheron *et al.*, 2013). Además,

producen hormonas de crecimiento y compuestos antimicrobianos que ayudan a proteger las plantas contra diversos microorganismos patógenos como *Sclerospora graminicola* y *Fusarium oxysporum* (Wang *et al.*, 2017).

Cuando se clasificaron las bacterias por orden, destacaron los actinomicetos con 28,64 % (Figura 4). Silva *et al.* (2022) reportaron su importante rol en la agricultura, en diversos tipos de suelo y la naturaleza, para mantener la fertilidad, a través de su capacidad de promover el crecimiento, la salud, el vigor de las plantas y la producción de compuestos agro-activos. La suficiencia de estos microorganismos sirve para mitigar los efectos adversos de los fertilizantes químicos sobre el ambiente y la salud y también para promover efectos positivos en las plantas; esto destaca su papel en la resiliencia de los ecosistemas. Estas

bacterias filamentosas tienen efectos beneficiosos en el suelo, por lo tanto, son una alternativa para mejorar la producción de cultivos (Shanthi, 2021). Por su parte, la presencia de *Bacillales* en un

13,35 % acompañada de cianobacterias proporciona una hidratación constante al suelo, lo que podría tener implicaciones favorables para el balance de carbono en ecosistemas semiáridos.



**Figura 3.** Clasificación de bacterias por clase en los distintos sustratos: suelo 1 (turba); suelo 2 (tierra negra); suelo 3 (tierra preparada); suelo 4 (tierra agrícola).

Otro de los órdenes de bacterias presentes fueron los rizobios; estos mejoran la fijación de nitrógeno en una forma que las plantas pueden utilizar y con ello aumentar el rendimiento de los cultivos. También se reconocen por su papel en la mejora de la resistencia de las plantas a las enfermedades, porque producen compuestos antimicrobianos y estimulan el sistema de defensa, lo que puede ayudar a prevenir enfermedades y a reducir la necesidad de plaguicidas químicos (Abd-Alla *et al.*, 2023). Además, aumentan la disponibilidad de nutrientes en la tierra de cultivo al liberar minerales, como el fósforo y el potasio, en el suelo y convertirlos en formas que las plantas pueden absorber. En lo que respecta a la clasificación por género, (Figura 5) se distingue a *Solirubrobacter*, que actúa como agente protector contra patógenos que puedan afectar la salud de las plantas; también se encontró a *Gemmatimonas*, que promueve la fertilidad y el crecimiento de las plantas. Estas bacterias gran negativas se

reconocen por su acción de biocontrol micobacteriano contra patógenos en cultivos sensibles como los de espárragos, berenjenas; y tomates, que generalmente suelen encontrarse en sustratos con materia orgánica como humus de lombriz (Fernández *et al.*, 2020). Por su parte *Beijerinckia*, presente en un 2,35 %, es un microorganismo que promueve el crecimiento y desarrollo de las plantas; además de lo ya mencionado, proporciona un buen estado de salud a las plantas (Al-Shwaiman *et al.*, 2022).

Dentro de la clasificación de especies, una de las bacterias más encontradas fue *Gaiellaoculta* perteneciente a las actinobacterias; demostrando ser un elemento importante de los suelos, especialmente en climas con temperaturas de 35-37 °C; además, favorecen el crecimiento de plántulas de lentejas, acelgas, brócoli, calabaza, col, espinacas, fresas, lechugas, betabel, tomate, y zanahoria, entre otras (Albuquerque *et al.*, 2011). Cabe mencionar que los microorganismos que se

identificaron en los sustratos fueron más de 2500, entre los cuales 126 se encontraron en una cantidad menor a 10 especies por orden; sin embargo, tienen beneficios como la formación de

nódulos en las raíces, promueven la fijación del nitrógeno y aceleran la germinación, entre otros beneficios.

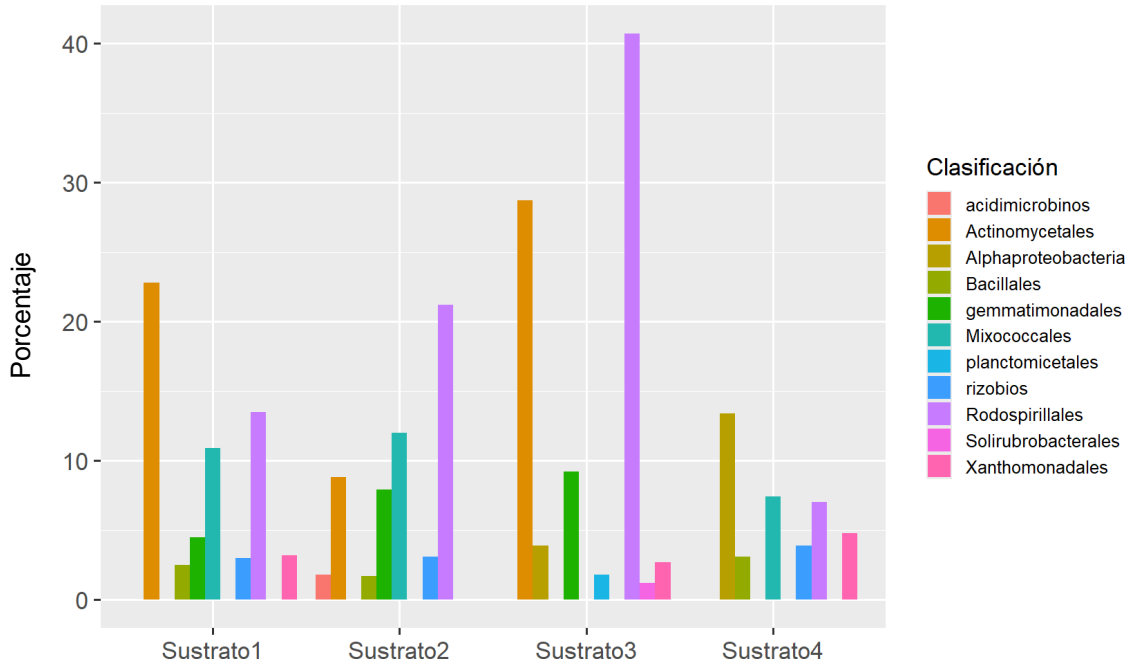


Figura 4. Clasificación de bacterias por el orden en los distintos sustratos: suelo 1 (turba); suelo 2 (tierra negra); suelo 3 (tierra preparada); suelo 4 (tierra agrícola).

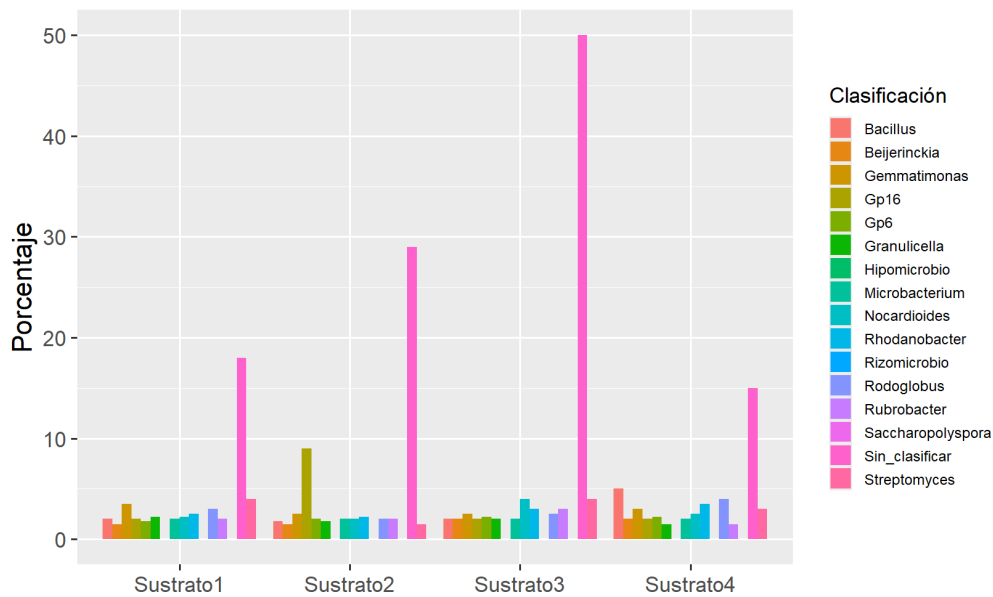


Figura 5. Clasificación de bacterias por género en los distintos sustratos: suelo 1 (turba); suelo 2 (tierra negra); suelo 3 (tierra preparada); suelo 4 (tierra agrícola).

**CONCLUSIONES**

El análisis del bacterioma de los sustratos evaluados mostró que enriquecer el suelo agrícola es una estrategia que permite aumentar la calidad del bacterioma y mejorar la fertilidad. Estos sustratos presentaron una diversidad de géneros bacterianos que puede favorecer los cultivos en huertos urbanos para producir alimentos saludables en espacios pequeños que promuevan no solamente la seguridad alimentaria, sino también el cuidado del ambiente.

**LITERATURA CITADA**

1. Abd-Alla, M.H., S.M Al-Amri y A.W.E. El-Enany. 2023. Enhancing rhizobium-legume symbiosis and reducing nitrogen fertilizer use are potential options for mitigating climate change. *Agriculture* 13(11): 2092.
2. Aerts, R., V. Dewaelheyns y W.M.J. Achten. 2016. Potential ecosystem services of urban agriculture: a review. *PeerJ Preprints* 4: e2286v1.
3. Albuquerque, L., L. França, F.A Rainey, P. Schumann, M.F. Nobre y M.S. Da Costa. 2011. *Gaiella occulta* gen. nov., sp. nov., a novel representative of a deep branching phylogenetic lineage within the class Actinobacteria and proposal of Gaiellaceae fam. nov. and Gaiellales ord. nov. *Systematic And Applied Microbiology* 34(8): 595-599.
4. Al-Shwaiman, H.A., M. Shahid, A.M. Elgorban, K.H. Siddique y A. Syed. 2022. *Beijerinckia fluminensis* BFC-33, a novel multi-stress-tolerant soil bacterium: Deciphering the stress amelioration, phytopathogenic inhibition and growth promotion in *Triticum aestivum* (L.). *Chemosphere* 295: 133843.
5. Cole, J.R., B. Chai, R.J. Farris, Q. Wang, S.A. Kulam, D.M. McGarrell y J.M. Tiedje 2005. The Ribosomal Database Project (RDP-II): sequences and tools for high-throughput rRNA analysis. *Nucleic Acids Research* 33(suppl\_1): D294-D296.
6. Du Toit, M.J., O. Rendón, V. Cologna, S.S. Cilliers y M. Dallimer. 2022. Why home gardens fail in enhancing food security and dietary diversity. *Frontiers in Ecology and Evolution* 10: 804523.
7. Fernández, A.J., N.M. Wentzien, P.J. Villadas, A. Valverde-Corredor, A.V. Lasa, A.V.C. Gómez-Lama Cabanás y M. Fernández-López. 2020. Comparative study of neighboring Holm oak and olive trees-belowground microbial communities subjected to different soil management. *PLoS One* 15(8): e0236796.
8. Furtak, K., J. Grządziel, A. Gałazka y J. Niedźwiecki. 2020. Prevalence of unclassified bacteria in the soil bacterial community from floodplain meadows (fluvisols) under simulated flood conditions revealed by a metataxonomic approaches. *Catena* 188: 104448.
9. Gazdag O, T. Takács, L. Ködöböcz, G. Krett y T. Szili-Kovács. 2019. Alphaproteobacteria communities depend more on soil types than land managements. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B. Soil Plant Science* 69(2): 147-154.
10. Gulyas, B.Z. y J.L. Edmondson. 2021. Increasing city resilience through urban agriculture: challenges and solutions in the global north. *Sustainability* 13:1465.
11. Jaffe, A.L., C.J. Castelle y J.F. Banfield. 2023. Habitat transition in the evolution of bacteria and archaea. *Annual Review of Microbiology* 77(1): 193-212.
12. Mitra, D., R. Mondal, B. Khoshru, A. Senapati, T.K. Radha, B. Mahakur y P.K.D. Mohapatra. 2022. Actinobacteria-enhanced plant growth, nutrient acquisition, and crop protection: Advances in soil, plant, and microbial multifactorial interactions. *Pedosphere* 32(1): 149-170.
13. Paes da Costa, D., T. Espíndola da Silva, A. Sérgio Ferreira Araujo, A. Prudêncio de Araujo Pereira, L. William Mendes, W. dos Santos Borges y E. Valente de Medeiros. 2024. Soil fertility impact on recruitment and diversity of the soil microbiome in sub-humid tropical pastures in northeastern Brazil. *Scientific Reports* 14(1): 3919.
14. Rana, M.L., M.N. Hoque, M.S. Rahman, P.K. Pramanik, M.S. Islam, S.A. Punom y M.T. Rahman. 2024. Soil bacteriome diversity and composition of rooftop and surface gardens in urban and peri-urban areas of Bangladesh. *Environmental Monitoring and Assessment* 196(8): 729.

15. Reineke, W. y M. Schlömann. 2023. Microorganisms at different sites: Living conditions and adaptation strategies. *Environmental Microbiology*: 349-396
16. Robinson, J.M., H. Watkins, I. Man, C. Liddicoat, R. Cameron, B. Parker y L. Meagher. 2021. Microbiome-Inspired Green Infrastructure: a bioscience roadmap for urban ecosystem health. *Architectural Research Quarterly* 25(4): 292-303.
17. Shanthi, V. 2021. Actinomycetes: Implications and prospects in sustainable agriculture. *Biofertilizers: Study and Impact* 335-370.
18. Silva, G.D.C., I.T. Kitano, I.A.D.F Ribeiro y P.T. Lacava. 2022. The potential use of actinomycetes as microbial inoculants and biopesticides in agriculture. *Frontiers in Soil Science* 2: 833181.
19. Stewart, J.D., E.T. Kiers, M.A. Anthony y A.H. Kiers. 2024. Supporting urban greenspace with microbial symbiosis. *Plants, People, Planet* 6(1): 3-17.
20. Vannucchi, F., F. Bretzel, R. Pini y H. Rumble. 2021. Less is more: soil and substrate quality as an opportunity for urban greening and biodiversity conservation. *In: Urban Services to Ecosystems: Green Infrastructure Benefits from the Landscape to the Urban Scale*. Springer International Publishing. Cham, Switzerland. pp. 207-224
21. Wang, Z., L. Liu, Q. Chen, X. Wen, Y. Liu, J. Han y Y. Liao. 2017. Conservation tillage enhances the stability of the rhizosphere bacterial community responding to plant growth: Conservation tillage enhances the stability of the rhizosphere bacterial community responding to plant growth. *Agronomy for Sustainable Development* 37(5): 44.
22. Zhang, H., F. Ullah, R. Ahmad, S.U. Ali Shah, A. Khan y M. Adnan. 2022. Response of soil proteobacteria to biochar amendment in sustainable agriculture-a mini review. *Journal of Soil Plant and Environment* 1(2): 16-30.
23. Vacheron, J., G. Desbrosses, M.L. Bouffaud, B. Touraine, Y. Moëgne-Loccoz, D. Muller y C. Prigent-Combaret. 2013. Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning. *Frontiers in Plant Science* 4: 356.