

ESTUDIO DE LA POBLACIÓN BACTERIANA DE AGROECOSISTEMAS SALINOS DE LA CIÉNAGA DE ZAPATA

Bacterial population study of saline agroecosystems in Ciénaga de Zapata

¹^{ID}Marisel Ortega García^{1*}, ²^{ID}Alberto Hernández Jiménez², ³^{ID}María Caridad Nápoles García³,
⁴^{ID}Marisol Morales Díaz⁴, ⁵^{ID}Olyra Guzmán Proenza⁵, ⁶^{ID}Alfredo Socorro García⁶, ⁷^{ID}Yohana Ríos Rocafull⁷

¹Departamento de Recursos Microbianos y Productos Bioactivos del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt", (INIFAT). La Habana, Cuba. Calle 188 #38754 e/ 397 y Linderos, Santiago de las Vegas, Boyeros. La Habana, Cuba Email: dir_cientifica@inifac.co.cu, mariselortega9@gmail.com

²Departamento de Edafología y Nutrición de Plantas Fisiología Vegetal del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, (INCA). Km 3 1/2, Carretera San José de las Lajas a Tapaste, Mayabeque, Cuba. E-mail: ahj@inca.edu.cu

³Departamento de Fisiología Vegetal del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, (INCA). Mayabeque, Cuba. E-mail: mcariad9450@gmail.com

⁴Departamento de Recursos Fitogenéticos y Semillas del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt", (INIFAT). La Habana, Cuba. E-mail: dpagrobiotec@inifac.co.cu

⁵Departamento de Recursos Fitogenéticos y Semillas del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt", (INIFAT). La Habana, Cuba. E-mail: olyra.guzman@gmail.com

⁶Departamento de Recursos Fitogenéticos y Semillas del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt", (INIFAT). La Habana, Cuba. E-mail: fisiologia@inifac.co.cu

⁷Departamento de Recursos Microbianos y Productos Bioactivos del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt", (INIFAT). La Habana, Cuba. E-mail: dpagrobiotec@inifac.co.cu

RESUMEN: En las últimas décadas, la naturaleza experimenta cambios, favorecidos en su mayoría por la actividad antrópica, que generarán un impacto negativo en el futuro. Por esta razón, se hace necesario la búsqueda de alternativas biotecnológicas como el empleo de los microorganismos con impacto ambiental y agrícola, en la recuperación frente a los eventos extremos. El objetivo de este trabajo es estudiar la diversidad microbiana de agroecosistemas salinos de la Ciénaga de Zapata, afectados por esta condición. Para las colectas del suelo se tomaron muestras de 10 g, a una profundidad de 20 cm, y a las mismas se procesaron según el método de Diluciones Seriadas. Los aislados purificados obtenidos se sembraron en el medio de cultivo Agar Nutriente con diferentes niveles de NaCl (0, 50, 150 y 200 mM) y se incubaron a 30 °C durante 24 horas, para evaluar su capacidad para tolerar el NaCl. Entre las fincas estudiadas se encontraron las mayores concentraciones de microorganismos totales en la finca 7 ubicadas en la comunidad de Soplillar, y las fincas 16 y 18 de Cayo Ramona. La diversidad de morfotipos bacterianos de mayor predominio en los agroecosistemas estudiados fue de color blanco, mucilaginosas con bordes redondos. Cinco de los aislados obtenidos toleraron la concentración más alta estudiada (200 mM), por lo que se seleccionaron para continuar su evaluación.

Palabras clave: microorganismos, salinidad, morfotipos bacterianos.

* Correspondencia a: mariselortega9@gmail.com

Recibido: 26/08/2024

Aceptado: 11/11/2024

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución de autores: Marisel Ortega García: **Conceptualización, Curación de datos, Investigación, Metodología, Escritura - borrador inicial, Escritura - revisión y edición.** Alberto Hernández Jiménez: **Investigación.** María Caridad Nápoles García: **Investigación.** Marisol Morales Díaz: **Investigación.** Alfredo Socorro García: **Supervisión.** Olyra Guzmán Proenza: **Curación de datos.** Yohana Ríos Rocafull: **Curación de datos.**



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



ABSTRACT: In the last decades, nature experiences changes, mostly favored by anthropic activity, that will generate a negative impact in the future. For this reason, it becomes necessary the search of biotechnical alternatives as the employment of the microorganisms with environmental and agricultural impact, in the recovery in front of the extreme events. The objective of this research is to study the microbial diversity of saline agroecosystems of the Ciénaga de Zapata, affected by this condition. For the collections of the soil, samples of 10 g, to a depth of 20 cm, were collected and processed by the Serial Dilutions method. Purified isolated obtained were sowed in the Nutritious Agar culture medium with different levels of NaCl (0, 50, 150 and 200 mM) and they were incubated to 30 °C during 24 hours, to evaluate their capacity to tolerate the NaCl. Among the studied farms, the biggest concentrations of total microorganisms were found in the farm 7 located in the community of Soplillar, and the farms 16 and 18 of Cayo Ramona. The diversity of bacterial morphotypes of more prevalence in the studied agroecosystems was of white color, mucilaginous with round borders. Five of the isolated obtained tolerated the higher concentration studied (200 mM), therefore they were selected to continue their evaluation.

Key words: microorganism, salinity, bacterial morphotypes.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la naturaleza experimenta cambios, en su mayoría favorecidos por la actividad antrópica, que generarán un impacto negativo en el futuro, y que inciden en la seguridad alimentaria del planeta (Rodrigo *et al.*, 2019). Por esta razón, se hace necesaria la búsqueda de alternativas biotecnológicas como el empleo de los microorganismos con impacto ambiental y agrícola, en la recuperación frente eventos extremos y su beneficio en la nutrición vegetal (Sánchez *et al.*, 2020), así como en la recuperación de los suelos afectados (Montenegro *et al.*, 2020). Actualmente, se encuentran afectadas por salinización cerca de 1128 millones de hectáreas, a nivel mundial (Hossain, 2019) y se estima un aumento de las mismas en los próximos años, lo cual conspira con el adecuado desarrollo de la agricultura, ya que limita el crecimiento de diversos cultivos. La Ciénaga de Zapata, constituye un espacio geográfico especialmente vulnerable al cambio climático, considerada el área de mayor significación ecológica ambiental del país, donde se esperan las mayores y más intensas afectaciones por el incremento del nivel del mar, en el orden de 8 a 44 cm para el 2050 y de 20 a 95 cm para el 2100 (Planos *et al.*, 2013), por lo que se estima que sus áreas se reduzcan entre el 60 y 80 %, para el 2050 y el 2100, respectivamente (Alfonso, *et al.*, 2013). Otro de los aspectos que conspiran es la sequía, la que se relaciona de igual manera con el cambio climático y también genera condiciones de salinidad, por el efecto de menores precipitaciones (Planos *et al.*, 2013).

Por esta razón, el estudio de la biodiversidad microbiana en los suelos salinos constituye una

premisa para las áreas con estas condiciones, ya que permitirá proyectar mediante la ciencia y la tecnología una gestión ambientalmente segura, que contribuya a la sostenibilidad del desarrollo local de esas comunidades.

La biodiversidad de los suelos es un indicador de calidad, de ahí que una elevada diversidad de comunidades microbianas es sinónimo de estabilidad en el suelo, lo que a su vez le permite desempeñar funciones claves como reciclaje de nutrientes, absorción de desechos orgánicos y mantenimiento de la estructura, por eso se considera como una herramienta fundamental para evaluar la calidad del suelo (Zou *et al.*, 2020). En este caso, las bacterias en la rizósfera se desarrollan mayoritariamente, si se comparan con otros grupos de microorganismos, ya que tienen mayor velocidad de crecimiento y posibilidades de crecer en diferentes sustratos como fuentes de carbono o nitrógeno (Kumar Arora *et al.*, 2020). Dada su abundancia, se describe que el componente microbiano del suelo es importante para mejorar la salud de los ecosistemas.

En estos agroecosistemas viven microorganismos halófilos, que toleran altas concentraciones de sal, que para la gran mayoría de microorganismos sería mortal, pero los halotolerantes o halófilos pueden crecer en ambientes hipersalinos y requieren al menos 0,2 moles de sal para su crecimiento (Yoo *et al.*, 2019). De ahí la importancia de identificar cepas con la capacidad de incrementar la tolerancia a la salinidad en los cultivos agrícolas (Lami *et al.*, 2020) y evaluar la participación de genes específicos de algunas cepas en la promoción del crecimiento vegetal (Tahir *et al.*, 2020).

Sus posibles mecanismos de adaptación pueden proporcionar una mejor comprensión para explorar las respuestas ecológicas y evolutivas en los ecosistemas.

Por todo ello, este trabajo tiene como objeto estudiar la diversidad microbiana de agroecosistemas salinos del municipio Ciénaga de Zapata, de la provincia Matanzas

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitios de muestreo de los suelos salinos

Se realizaron 18 colectas de muestras de suelos del municipio Ciénaga de Zapata, la provincia de Matanzas; de ellas, del 1 al 10 pertenecen a la localidad de Soplillar y del 11 al 17 a Cayo Ramona. En cada sitio se tomaron cinco submuestras de suelo a una profundidad de 20 cm, las cuales se homogenizaron para formar una muestra compuesta representativa de cada sitio (1 kg).

Caracterización de los suelos en estudio

se colectaron muestras aleatorias a una profundidad de 0-20 cm de la capa arable y se conformó una muestra compuesta. El porcentaje de materia orgánica se determinó por el método de Walkley y Black y el pH por el método potenciométrico con una relación suelo: solución de KCl de 1:2,5. Para cuantificar el P_2O_5 asimilable ($mg.kg^{-1}$), se realizó una extracción con H_2SO_4 0,1 $Mol.L^{-1}$, con una relación suelo: solución de 1:25. Los cationes intercambiables ($cmol.kg^{-1}$) se obtuvieron mediante extracción con NH_4Ac (1 $Mol.L^{-1}$) a pH 7. Los cationes se determinaron por complejometría (Ca y Mg) y por fotometría de llama (Na y K). El contenido de K_2O ($mg.kg^{-1}$) se calculó a partir del K intercambiable (Paneque Pérez *et al.*, 2010).

Evaluación y descripción de los morfotipos

Para realizar el conteo de bacterias heterótrofas totales en Unidades Formadoras de Colonias (UFC mL^{-1} . gramo de suelo) se partió de las muestras compuestas de cada sitio, de las que se tomaron 10 g de suelo, los que se procesaron según el método de Diluciones Seriadas a una concentración de 10^{-7} y se empleó el medio

de cultivo Agar Nutriente (BIOCEN, 2018). Las placas una vez inoculadas se incubaron a 30 °C de temperatura, durante 48 horas. Se realizó, además, la descripción de la morfología de las colonias para evaluar la diversidad de morfotipos de microorganismos presentes en estos suelos. Una vez purificados los aislados obtenidos se sembraron en el medio de cultivo Agar Nutriente (BIOCEN, 2018) con diferentes niveles de NaCl (0, 50, 150 y 200 mM) y se incubaron a 30 °C durante 24 horas, para evaluar su capacidad para tolerar el NaCl.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los suelos en estudio son del tipo Histosol e Histosol mésico, de poca fertilidad y profundidad, con alta presencia de arcillas (1:1). Con valores de materia orgánica entre 2,2 y 2,8 % y bajos contenidos de P y K asimilables, neutros a moderadamente alcalinos (pH 6.6-7.6) y con niveles de conductividad eléctrica entre (2,8-3,7 ds/m), por lo que se consideran medianamente salinizados, según Hernández *et al.* (2023).

En la Figura 1 se muestra el área de estudio y la ubicación geográfica de los agroecosistemas muestreados en el municipio Ciénaga de Zapata, de la provincia Matanzas (comunidades Soplillar y Cayo Ramona).

La Figura 2 muestra la variabilidad en las concentraciones de bacterias heterótrofas totales en los agroecosistemas muestreados, y se observan resultados superiores en la finca No. 7 ubicada en Soplillar y las fincas No. 16 y No. 18, pertenecientes a Cayo Ramona.

Se describe que en la rizosfera existen diferentes tipos de interacciones microorganismos-planta-suelo, que abarcan un amplio espectro, entre beneficiosas y patogénicas. Estas interacciones son de alta complejidad y nivel de dependencia, tanto de las especies vegetales involucradas entre sí, como con el tipo de suelo y las condiciones ambientales existentes (Chávez-Díaz *et al.*, 2020), aspectos que pueden contribuir a los resultados obtenidos en el presente estudio. Además, se conoce que en la zona rizósferica se registra una mayor población de bacterias, ya que están creadas las condiciones para su proliferación (Kumar Arora *et al.*, 2020).

Ubicación de los poblados Soplillar y Cayo Ramona

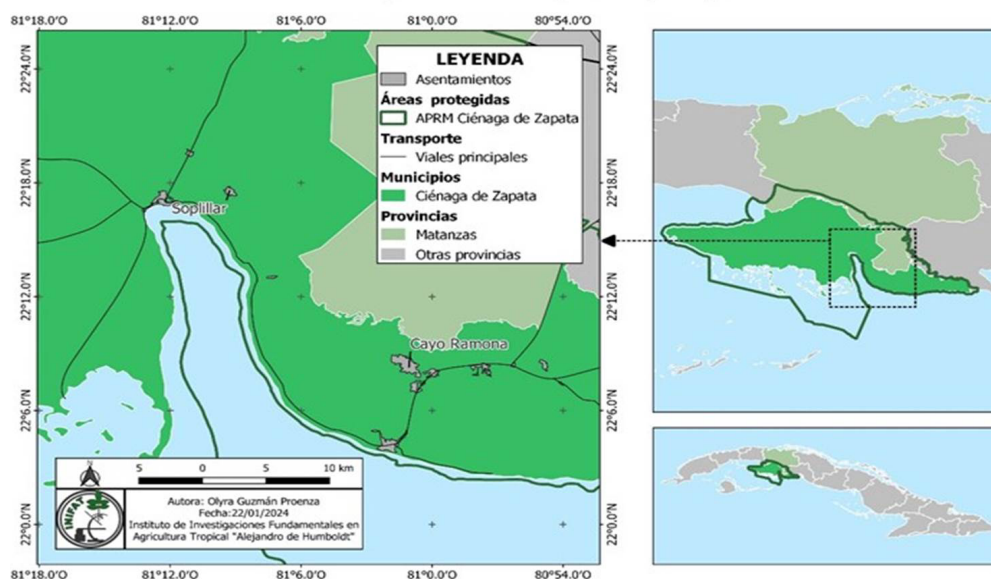


Figura 1. Área de estudio y ubicación geográfica de los agroecosistemas muestreados en Soplillar y Cayo Ramona, en el municipio Ciénaga de Zapata, provincia de Matanzas.

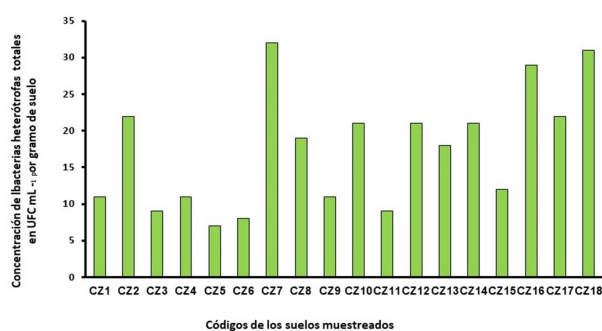


Figura 2. Concentración de bacterias heterótrofas totales en UFC mL⁻¹ gramo de suelo a una dilución 10⁻⁷ a partir de la colecta de suelos de la Ciénaga de Zapata (Soplillar: CZ1 al CZ10 y Cayo Ramona: CZ11 al CZ17).

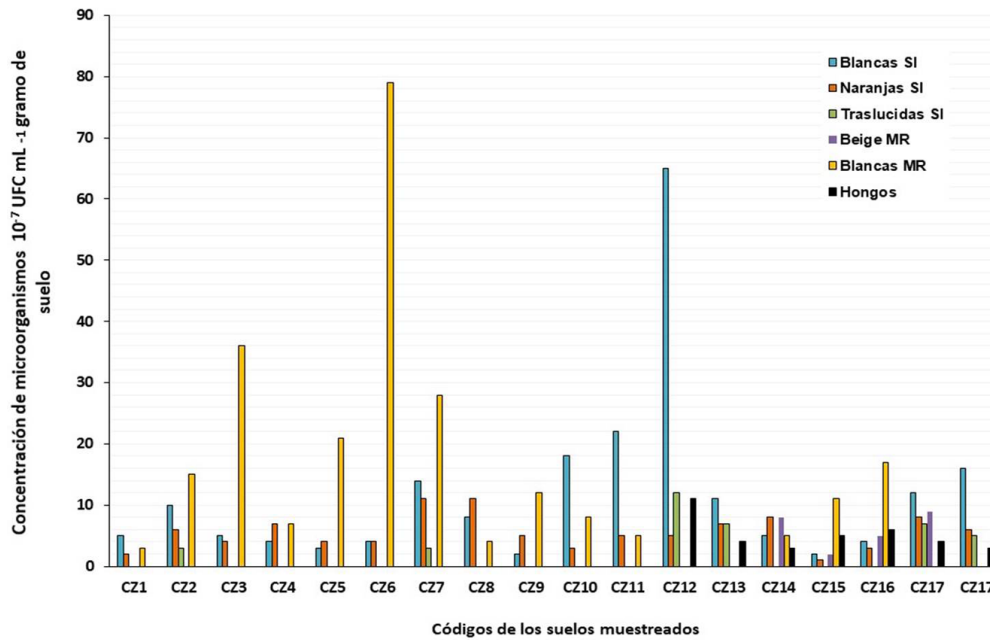
Por todos estos aspectos, es importante conocer la diversidad de morfotipos bacterianos existentes en los diferentes agroecosistemas, para de esta forma estimar la diversidad microbiana de cada escenario productivo. El comportamiento de las poblaciones microbianas en las diferentes fincas pudiera estar relacionado con las mejoras que experimentan los suelos de estas áreas respecto al contenido de materia orgánica, indicador que en los últimos años ha mostrado una tendencia al incremento.

En la **Figura 3** se muestra la diversidad de morfotipos bacterianos existentes en cada uno de los agroecosistemas estudiados. Se aprecia un mayor predominio de las bacterias de color blanco, mucilaginosas con bordes redondos en la mayoría

de los suelos y le siguen las de igual coloración, secas con bordes irregulares.

La composición de las comunidades microbianas que existen en el suelo sin influencia de la raíz y la rizósfera son muy diferentes, lo que sugiere una fuerte selectividad, que aumenta en los ambientes microbianos no edáficos propios de las plantas, como la endósfera (hábitat dentro de los órganos vegetales aéreos y subterráneos) y la filósfera (hábitat circunscrito a las superficies vegetales). El análisis de las poblaciones microbianas presentes en la rizósfera puede reflejar las condiciones del cultivo y la diversidad microbiana encontrada, refleja la salud de un ecosistema, donde se incluyen las condiciones nutricionales, climáticas y antropogénicas y que pueden generar distintos tipos de estreses abióticos y bióticos que influyen en el adecuado desarrollo de los cultivos (Chávez-Díaz et al., 2020).

Otro aspecto que resulta interesante estudiar, es la tolerancia a diferentes niveles de sal. En la **Figura 4** se observa el comportamiento de los aislados obtenidos frente diferentes concentraciones de NaCl. Se expone como en su mayoría los aislados lograron crecer a concentraciones de 50 mM, a excepción del aislado CZ6 que no pudo desarrollarse a este nivel de sal. No obstante, cinco aislados toleraron todos los niveles de sal estudiados los que se proponen para continuar sus estudios.



Leyenda: **Blancas SI**: Blancas, secas, bordes irregulares; **Naranjas SI**: Naranjas, secas, bordes irregulares; **Traslucidas SI**: Traslúcidas, secas, bordes irregulares; **Beige MR**: Beige, mucilaginosas, redondas; **Blancas MR**: Blancas mucilaginosas con bordes redondos; **Hongos**.

Figura 3. Diversidad de morfotipos de microorganismos procedentes de los suelos colectados de los agroecosistemas de Soplillar y Cayo Ramona, pertenecientes a la Ciénaga de Zapata. La concentración se expresa en Unidades Formadoras de Colonias (UFC) en una dilución 10^{-7} UFC mL $^{-1}$. gramo de suelo. (Soplillar: CZ1 al CZ10 y Cayo Ramona: CZ11 al CZ17).

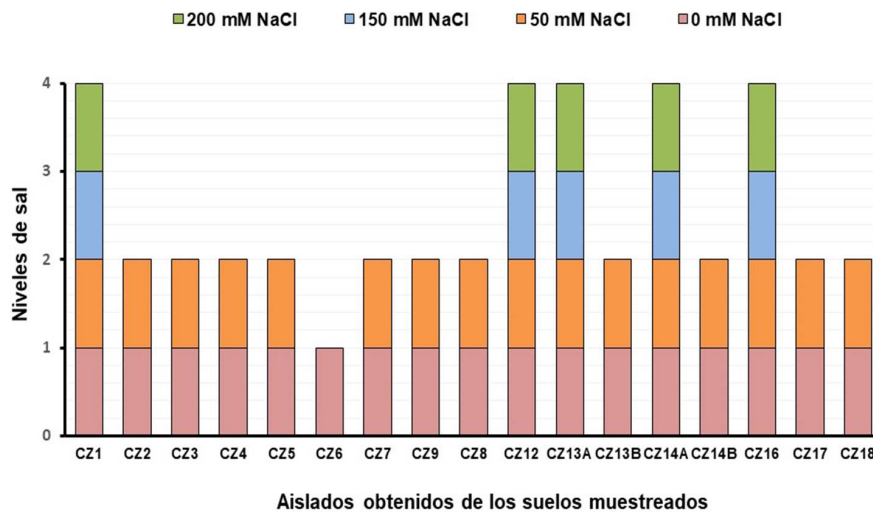


Figura 4. Crecimientos de los aislados obtenidos en diferentes niveles de NaCl (0, 50, 150 y 200 mM).

Este resultado demuestra la concordancia del crecimiento de los microorganismos en condiciones *in vitro* y en su ambiente natural (Tahir *et al.*, 2020). De igual forma, se observó un comportamiento coherente con la afirmación de que el crecimiento bacteriano decrece al aumentar la cantidad de sal en el medio y puede influir en la relación planta-microorganismo-ambiente (Fuskhah *et al.*, 2019), de ahí la importancia de la búsqueda de nuevos aislados bacterianos provenientes de estas condiciones con la capacidad de tolerar altas concentraciones salinas.

Referente a ello, autores como Barrera *et al.* (2019) señalaron que factores de supervivencia, persistencia y competitividad, les confieren a los microorganismos mayores posibilidades de sobrevivir y competir con otras bacterias del suelo. En este sentido, se describe por diferentes estudios que las bacterias halófilas constituyen un grupo diverso de microorganismos que se caracteriza por vivir en ambientes con altas concentraciones de sales (Waditee-Sirisattha *et al.*, 2016; Guerra-Camacho *et al.*, 2024).

Del mismo modo, se describe la importancia de las interacciones entre las plantas y los microorganismos en diversos tipos de suelos, los que pueden estar afectados por diferentes condiciones estresantes. Estos microorganismos son los encargados de promover incrementos en la producción de los cultivos (Guzmán y Montero, 2021).

Todos estos hallazgos han propiciado que, en los últimos años, se promuevan las investigaciones sobre las interacciones suelo-microorganismos-planta y los beneficios de su estudio. Sin embargo, aún queda mucho camino por recorrer para definir las actividades en las que intervienen los microorganismos residentes y los resultantes de la manipulación y la bioingeniería, los que de igual manera permiten aumentar los niveles de producción en el marco de la sostenibilidad (García de Salamone, 2022). De ahí la importancia de estudiar con mayor profundidad los microorganismos presentes en el suelo y su diversidad, conjuntamente con un enfoque más integrador para mejorar la productividad de los suelos salinos y contribuir a la soberanía alimentaria en estos agroecosistemas.

CONCLUSIONES

- En las fincas estudiadas se muestran las mayores concentraciones de microorganismos totales en la finca identificada como No. 7 de la localidad de Soplillar y las fincas No.16 y No. 18 ubicadas en Cayo Ramona.
- La diversidad de morfotipos bacterianos de mayor predominio en los agroecosistemas estudiados corresponde a los de color blanco, mucilaginosos, con bordes redondos.
- Cinco de los aislados obtenidos toleraron un nivel de sal elevado (200 mM) por lo que se seleccionaron para continuar sus estudios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfonso, A.; Moya, B.; Menéndez, M.; Caballero, L., y Jiménez, J. (2013). Propuesta preliminar de Estrategia de Adaptación al Cambio Climático con participación comunitaria para el humedal Ciénaga de Zapata. Cuba. Memorias IX Conferencia Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo (pág. 138). La Habana: Sello editorial AMA.

Barrera, C.M.; Jakobs-Schoenwandt, D.; Gómez, M.I.; Becker, M.; Patel, A.V. y Ruppel, S. (2019). Salt stress and hydroxyectoine enhance phosphate solubilisation and plant colonization capacity of *Kosakonia radicincitans*. *Journal of Advanced Research*, 19, 91-97. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2019.03.012>

Biocen (2018). Manual de Medios de Cultivo. La Habana. Centro Nacional de Biopreparados, BIOECEN. Disponible en: <http://www.biocen.cu>.

Chávez-Díaz, I.F.; Zelaya, L.X.; Cruz, C.I.; Rojas, E.; Ruíz, S. y de los Santos, S. (2020). Consideraciones sobre el uso de biofertilizantes como alternativa agro-biotecnológica sostenible para la seguridad alimentaria en México. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 11 (6), 1423-1436. <https://doi.org/10.29312/remexca.V9i4.1389>.

Fuskhah, E.; Purbajanti, E.D. y Anwar, S. (2019). "Test of the resistance of rhizobium bacteria to salinity for the development of food legume plants in coastal areas". *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 250(1): 012044, ISSN: 1755-1315. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/250/1/012044>

García de Salamone, I.E. (2022). Microbiología, bioeconomía y objetivos de desarrollo sostenible. *Revista Argentina de Microbiología*. 54 71-73. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2022.05.007>

Guerra-Camacho M.Á.; Magaña-Tzuc M.C. y Vargas-Díaz A.A. (2024). Identificación y actividad antifúngica de bacterias halófilas aisladas de suelos salinos en Campeche, México, *Revista Argentina de Microbiología*. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2024.02.004>

Guzmán Duchén, D. y Montero Torres, J. (2021). Interacción de bacterias y plantas en la fijación del nitrógeno. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, La Paz, 8 (2):87-101. <https://doi.org/10.53287/uyxf4027gf99e>

Hernández, A.; López, D. y Morales, M. (2023). Métodos de análisis para calcular el contenido en sales de los suelos de Cuba. *Agrotecnia de Cuba*, ISSN 2414-4673, 2023, 47(1): 93-97.

Hossain, S. (2019). Present scenario of global salt affected soils, its management and importance of salinity research. *International Research Journal of Biological Sciences* 1 (1): 1-3. ISSN: 2663-5968, e ISSN: 2663-5976

- Kumar Arora, N.; Tahmish, F.; Mishra, J.; Mishra, I.; Verma, S.; Verma, R.; Vermad, M.; Bhattacharya, A.; Verma, P.; Mishra, P. y Bharti, Ch. (2020). Halo-tolerant plant growth promoting rhizobacteria for improving productivity and remediation of saline soils. *Journal of Advanced Research*, 26: 69–82. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2020.07.003>.
- Lami, M.J.; Adler, C.; Caram-Di Santo, M.C.; Zenoff, A.M.; de Cristóbal, R.E.; Espinosa-Urgel, M. y Vincent, P. A. (2020). *Pseudomonas stutzeri* MJL19, a rhizosphere-colonizing bacterium that promotes plant growth under saline stress. *J. Appl. Microbiol.* <https://doi.org/10.1111/jam.14692>.
- Madigan M.T, Martiniko J.M. y Parker, J. (2019). *Brock Biology of Microorganisms*. 15th Ed. Ed. Pearson, New York, USA, 1064. ISBN: 9781292235103.
- Montenegro, S.; Pulido, S. y Calderón Vallejo, L.F. (2020). Prácticas de biorremediación en suelos y aguas. *Notas De Campus*, (1). <https://doi.org/10.22490/notas.3451>
- Paneque, V.M.; Calaña, J.M.; Calderón, M., Borges, Y.; Hernández, T. y Caruncho. M. (2010). *Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos*. 1ra ed. Cuba, La Habana: Ediciones INCA, 62. ISBN: 978-0507023-50-0 185.
- Planos, E.; Vega, R. y Guevara, A. (2013). *Impacto del Cambio Climático y Medidas de adaptación en Cuba*. Instituto de Meteorología, Agencia de Medio Ambiente, Ministerio de Ciencias, Medio Ambiente y Tecnología. La Habana, Cuba, 430 pp.
- Rodrigo, D.; Picó, M. y Dimuro, G. (2019). Los objetivos de desarrollo sostenible como marco para la acción y la intervención social y ambiental. *Retos Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 9 (17), 25-36. <https://doi.org/10.17163/ret.n17.2019.02>
- Tahir, M.; Naeem, M.A.; Shahid, M.; Khalid, U.; Farooq, A.B.U.; Ahmad, N.; Ahmad, I.; Arshad, M. y Waqar, A. (2020). Inoculation of pqq E gene inhabiting *Pantoea* and *Pseudomonas* strains improves the growth and grain yield of wheat with a reduced amount of chemical fertilizer. *Journal of Applied Microbiology*. <https://doi.org/10.1111/jam.14630>
- Waditee-Sirisattha, R.; Kageyama, H. y Takabe T. (2016). Halophilic microorganism resources and their applications in industrial and environmental biotechnology. *AIMS Microbiol*; 2:42-54, <http://dx.doi.org/10.3934/microbiol.2016.1.42>
- Yoo, S.J.; Weon, H.Y.; Song, J. y Sang, M.K. (2019). Induced tolerance to salinity stress by halotolerant bacteria *Bacillus aryabhattai* H19-1 and *B. Mesonae* H20-5 in tomato plants. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, vol. 29, no. 7, pp. 1124-1136. ISSN 17388872. <https://doi.org/10.4014/jmb.1904.04026>
- Zou, Y.N.; Wu, Q.S. y Kuča, K. (2020). Unravelling the role of arbuscular mycorrhizal fungi in mitigating the oxidative burst of plants under drought stress. *Plant. Biol.* 23:50-57. <https://doi.org/10.1111/plb.13161>