

El papel de los microorganismos en la consecución de los objetivos de desarrollo sostenible

N GONZÁLEZ-BENÍTEZ¹, LUIS MERINO MARTÍN¹, SILVIA PAJARES¹, EMMA BARAHONA¹, MERCEDES USCOLA¹, PILAR MARTÍNEZ HIDALGO¹, MARI CARMEN MOLINA¹

¹Área de Biodiversidad y Conservación. Departamento de Departamento de Biología y Geología, Física y Química inorgánica. Universidad Rey Juan Carlos. Móstoles. Madrid.

✉ natalia.gonzalez@urjc.es

N.º 76 DICIEMBRE 2023



Grupo de Microbiología y Cambio Climático de la URJC. De izquierda a derecha y de arriba abajo. Luis Merino Martín, Silvia Pajares, Natalia González-Benítez*, Emma Barahona, Mercedes Uscola, Mari Carmen Molina y Pilar Martínez Hidalgo.

Los microorganismos, con 3,500 millones de años de evolución, han adquirido una extraordinaria diversidad tanto a nivel taxonómico como funcional, proporcionando diferentes servicios ecosistémicos tangibles a los seres humanos y al medio

ambiente (Jansson y Hofmockel 2020). En tiempos pasados, prevalecía la concepción de que las bacterias eran principalmente organismos patógenos. Sin embargo, los avances recientes en fisiología microbiana y humana y en ecología evolutiva han

propuesto a los microorganismos como motores de cambio que explican la adquisición de nuevas funciones como resultado de las interacciones entre los microorganismos y los seres humanos. En otras palabras, nuestra evolución e identidad

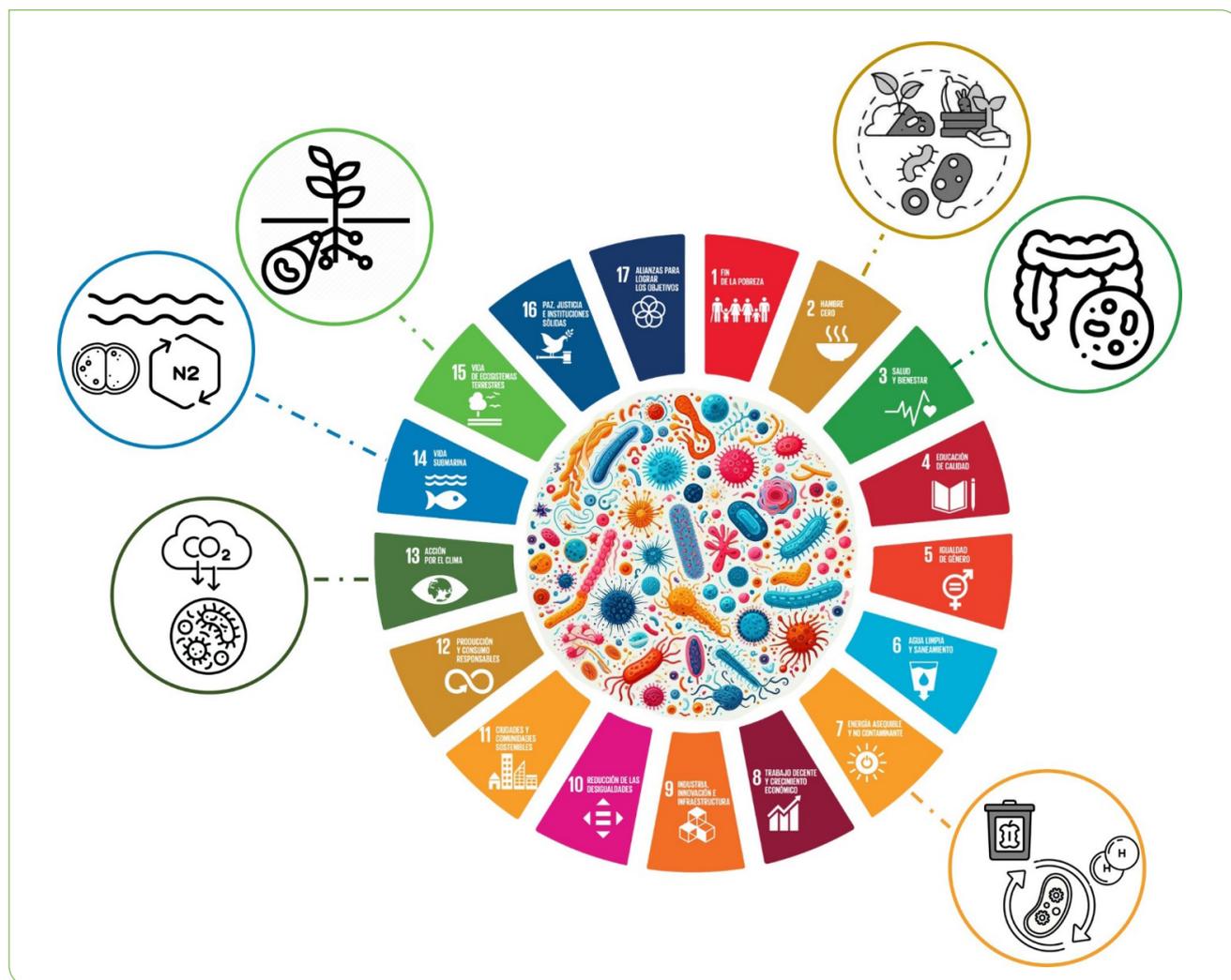


Figura 2. Papel de los microorganismos en la consecución de los diferentes objetivos de desarrollo sostenible.

están moldeados no sólo por las presiones ambientales, sino también por las complejas interacciones con nuestro microbioma en el que se incluyen interacciones, tanto sinérgicas como antagónicas. **El microbioma humano** juega un papel fundamental al influir en nuestra salud y capacidad de adaptación al entorno, conectándose directamente con el logro del Objetivo de Desarrollo Sostenible número 3, centrado en la promoción de la salud y el bienestar. Además, no sólo el ser humano, sino los organismos eucariotas en general, albergan un microbioma procarionta que influye en la genómica y las funciones metabólicas de su huésped. En este mismo contexto, se ha estudiado cómo el microbioma de las plantas puede afectar directamente su salud y tolerancia al estrés ambiental puesto que el microbioma puede modular las funciones hormonales favoreciendo el

desarrollo, la absorción de nutrientes y la síntesis de antibióticos y antifúngicos que operan a favor de planta. En el contexto actual de cambio global y preocupación por la seguridad alimentaria (ODS 2; Hambre Cero), la utilización del potencial funcional del microbiota de las plantas como **biofertilizantes** disminuirá la dependencia de herbicidas y pesticidas. Este uso de biofertilizantes no sólo reducirá la eutrofización de las masas de agua, sino que también contribuirá a mejorar la sostenibilidad de la producción de alimentos (Raaijmakers y Kiers, 2022).

La ecología convencional a menudo ha pasado por alto a los microorganismos, percibiéndolos como elementos estáticos de pequeño tamaño y con funciones limitadas. Sin embargo, nada más lejos de la realidad, las células procariontas, presentan funcio-

nes sorprendentemente complejas, como la comunicación celular o *quorum sensing* (Miller y Bassler, 2001). Además, comparten funciones con animales y plantas, como son la respiración y la fotosíntesis aerobia. Sin embargo, las bacterias presentan funciones exclusivas como la fotosíntesis anaerobia, la fijación de nitrógeno y la metanogénesis, entre otras y muchas otras que aún están por descubrir. Esta diversidad funcional microbiana juega un papel importante en los ecosistemas marinos. Algunos grupos funcionales microbianos son clave en los ciclos biogeoquímicos de los océanos, como los diazótrofos. Estos microorganismos son responsables de gran parte del nitrógeno disponible de los océanos gracias a los procesos de fijación biológica de nitrógeno atmosférico, favoreciendo así la productividad de los ecosistemas marinos. Por otro lado, la capacidad de los océanos

para secuestrar CO₂ desde la atmósfera a los fondos oceánicos por procesos biológicos es la denominada **bomba biológica**. Se estima que este proceso global oceánico puede propiciar el almacenamiento de 0.9-2.6 Pg de carbono al año en las profundidades del océano, representando un “continuo secuestro vertical” de carbono (Ricour *et al.*, 2023). Dentro de este proceso tenemos una amplia diversidad funcional de los microorganismos que desempeña un papel clave en la transformación de la materia orgánica en compuestos orgánicos recalcitrantes. Estos compuestos resisten a la descomposición y asimilación biológica, lo que favorece lo que favorece este secuestro de CO₂ a largo plazo en los fondos oceánicos ejerciendo un importante control sobre el clima global (Jiao y Azam, 2011), en línea con el ODS 13 (Acción por el clima).

Inicialmente, también se creía que las bacterias solamente habitaban en ambientes terrestres y acuáticos moderados. Sin embargo, la extraordinaria diversidad funcional les ha permitido colonizar hábitats extremos, como suelos áridos, regiones polares y océanos profundos (Pikuta, 2007). En este contexto, la actividad microbiana, al contribuir a la descomposición de la materia orgánica, tiene un impacto significativo en el almacenamiento de **carbono orgánico del suelo** (SOC; siglas en inglés), convirtiéndose en un sumidero de carbono crucial (Bai y Cotrufo, 2022). Esto subraya la importancia de los suelos como una de las principales reservas de carbono terrestre y su relación cercana con los ODS 13 (Acción por el Clima) y 15 (Vida y Salud de los Ecosistemas Terrestres)

La actual crisis climática, resultante, entre otros factores, por la contaminación ambiental, ha intensificado el interés en el papel de los microorganismos y el **“principio de su infalibilidad microbiana”**. Este concepto sostenía que los microorganismos siempre encuentran una vía metabólica para aprovechar las fuentes de energía disponibles. Actualmente, se considera que la contaminación ambiental ejerce una presión selectiva que, gracias a la versatilidad funcional y la alta tasa mutacional de gran parte de los microorganismos, ha favorecido la capacidad de metabolizar multitud de compuestos no biodegradables. Estos cambios y estrategias metabólicas con mayor o menor tiempo evolutivo para descomponer xenobióticos resistentes ofrece oportunidades para la biorre-

mediación o eliminación microbiana de contaminantes a través de biotecnología optimizada (O'Malley y Walsh, 2021).

Por último, las herramientas moleculares y los avances en las tecnologías “ómicas” han impulsado la Microbiología y la Biotecnología, con aplicaciones en salud, seguridad alimentaria y en la generación de energías limpias. La producción biológica de hidrógeno gas (H₂) se presenta como una alternativa evaluable para la descarbonización de la economía (Ferraren-De Cagalitan y Abundo, 2021), ya que su producción y consumo pueden ser climáticamente neutras, sin generar emisiones contaminantes. En línea con el logro del ODS 7 (Promoción de la energía asequible y no contaminante) a través de procesos biotecnológicos optimizados, se están utilizando bacterias fijadoras de nitrógeno (N₂) para la generación de hidrógeno verde, tanto en presencia como en ausencia de luz (Barahona *et al.*, 2022).

Se puede concluir, que la diversidad funcional microbiana desempeña un papel crítico en la salud de los ecosistemas y en la consecución de múltiples ODS, desde la promoción de la salud humana hasta la acción por el clima y la sostenibilidad de la producción de alimentos. La microbiología y la biotecnología emergen como disciplinas clave para abordar los desafíos actuales y futuros en la era del cambio global y la crisis climática y energética. Este enfoque sobre el papel de los microorganismos en los distintos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) coincide con la celebración de la 28.ª Conferencia Anual de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP28) en Dubái. Durante este evento, se ha subrayado la relevancia de las interacciones microbianas bajo la influencia del entorno, resaltando la urgencia de reconocer la importancia de los microorganismos en los debates sobre el clima.

Bibliografía

- Bai, Y., & Cotrufo, M. F. (2022). Grassland soil carbon sequestration: Current understanding, challenges, and solutions. *Science*, 377(6606), 603-608.
- Barahona, E., Isidro, E. S., Sierra-Heras, L., Álvarez-Melcón, I., Jiménez-Vicente, E., Buesa, J. M., & Rubio, L. M. (2022).

A directed genome evolution method to enhance hydrogen production in *Rhodobacter capsulatus*. *Frontiers in microbiology*, 3341.

- Ferraren-De Cagalitan, D. D. T., & Abundo, M. L. S. (2021). A review of biohydrogen production technology for application towards hydrogen fuel cells. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 151, 111413.

- Jansson JK, Hofmøckel KS. 2020. Soil microbiomes and climate change. *Nature Reviews Microbiology*, 18(1), 35-46.

- Jiao, N., & Azam, F. (2011). Microbial carbon pump and its significance for carbon sequestration in the ocean. *Microbial carbon pump in the ocean*, 10, 43-45.

- Miller MB, Bassler BL. 2001. Quorum sensing in bacteria. *Annual Reviews in Microbiology*, 55(1), 165-199.

- O'Malley, M. A., & Walsh, D. A. (2021). Rethinking microbial infallibility in the metagenomics era. *FEMS Microbiology Ecology*, 97(8), fiab092.

- Pikuta, E. V., Hoover, R. B., & Tang, J. (2007). Microbial extremophiles at the limits of life. *Critical reviews in microbiology*, 33(3), 183-209.

- Raaijmakers, J. M., & Kiers, E. T. (2022). Rewilding plant microbiomes. *Science*, 378(6620), 599-600.

- Ricour, F., Guidi, L., Gehlen, M. et al. Century-scale carbon sequestration flux throughout the ocean by the biological pump. *Nat. Geosci.* (2023). <https://doi.org/10.1038/s41561-023-01318-9>

- Suzuki, T. A., & Ley, R. E. (2020). The role of the microbiota in human genetic adaptation. *Science*, 370(6521), eaaz6827.