

## INFLUENCIA DE LAS PRÁCTICAS DE MANEJO EN ROTACIONES DE CULTIVOS EXTENSIVOS SOBRE LA MICROBIOTA DEL SUELO

Adrián Miralles-Orduña<sup>1</sup>, Pedro Marco<sup>1</sup>, Ramón Isla<sup>2</sup>, Emily Silva Araujo<sup>2</sup>, Vicente González<sup>2</sup>,  
José Manuel Mirás-Avalos<sup>2,3,\*</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciencia Vegetal, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Instituto Agroalimentario de Aragón – IA2 (CITA-Universidad de Zaragoza), Zaragoza, Spain

<sup>2</sup> Departamento de Sistemas Agrícolas, Forestales y Medio Ambiente (Unidad asociada a EEAD-CSIC Suelos y Riegos). Centro de investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA). Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza, Spain.

<sup>3</sup> Misión Biológica de Galicia del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (MBG-CSIC), Sede Santiago de Compostela, Avda. de Vigo s/n, 15705, Santiago de Compostela, Spain.

\* [jmmiras@cita-aragon.es](mailto:jmmiras@cita-aragon.es); [jmmiras@mbg.csic.es](mailto:jmmiras@mbg.csic.es)

### RESUMEN

La diversidad microbiológica del suelo es crucial para la productividad y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, ya que está directamente relacionada con los ciclos de nutrientes y la descomposición de la materia orgánica, por lo que contribuye a mejorar la fertilidad del suelo. Algunos microorganismos, concretamente las bacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR), tienen efectos directos sobre la planta, fijando determinados nutrientes (nitrógeno o fósforo), haciéndolos disponibles para las plantas, o mejorando la resistencia del cultivo frente todo tipo de estreses. El objetivo de este estudio ha sido determinar la microbiota viable total y la diversidad microbiana de parcelas dedicadas al cultivo de cereales, tanto en secano como en regadío, y con manejos en ecológico, siembra directa y laboreo convencional en tres localidades de Aragón (Castejón del Puente, Pina de Ebro y Sádaba). No se han detectado apenas diferencias en carga microbiana entre suelos y sistemas de manejo, aunque hay que destacar la elevada carga microbiana observada. En todos los casos, los recuentos totales han sido superiores a 7,5 log ufc/g. Independientemente de la localización y el manejo, los grupos microbianos más abundantes han sido Rhizobiales y Actinomycetos (>7 log ufc/g), seguido del G<sup>o</sup> *Pseudomonas* (entre 5,5 y 7 log ufc/g) y la micobiota (≈5 log ufc/g).

**PALABRAS CLAVE:** Agricultura de conservación; bacterias promotoras de crecimiento vegetal; diversidad microbiana; salud del suelo; siembra directa.

### INTRODUCCIÓN

El exceso de productos químicos unido a un manejo agresivo del suelo ha ocasionado daños medioambientales como la contaminación de los suelos y aguas y otras modificaciones de los ecosistemas, destacando el desplazamiento de los microorganismos rizosféricos nativos (Backer et al. 2018). Estos desequilibrios han mostrado la necesidad de orientar la agricultura hacia un menor impacto sobre el medio ambiente.

En suelos degradados, sin cubierta vegetal o desérticos, la biomasa microbiana se encuentra en un rango de 10<sup>3</sup>-10<sup>4</sup> ufc/g, y en suelos recuperados con cubierta vegetal llegan a 10<sup>8</sup> ufc/g (Zappelini et al. 2018). Entre otros factores, esta diferencia se debe los exudados radiculares de las plantas (azúcares, aminoácidos y ácidos orgánicos), que influyen sobre las poblaciones microbianas. A los microorganismos beneficiosos para las plantas se les conoce como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR), con gran diversidad de especies dentro de los géneros *Arthrobacter*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas* o *Rhizobium*, entre otros (Navarro-Ródenas et al. 2016). Por tanto, la implementación de técnicas agronómicas más respetuosas puede promover el desarrollo de estas rizobacterias beneficiosas que aumentan la biodisponibilidad de nutrientes para el cultivo, ya que actúan

sintetizando reguladores que promueven el crecimiento vegetal, inhiben el desarrollo de patógenos vegetales y, en definitiva, restauran la dinámica de suelos deteriorados por la explotación intensiva (Guzmán et al. 2012). Estas prácticas culturales, e incluso la incorporación directa de estos microorganismos está ganando interés globalmente (Vasseur-Coronado et al. 2021). En este contexto, es relevante caracterizar la microbiota de los suelos agrarios y determinar el efecto de las prácticas culturales sobre la misma, en especial sobre los PGPR. Por ello, este trabajo tuvo como objetivo determinar la carga total de microorganismos viables en sistemas de rotación de cultivos extensivos con diferentes historiales de manejo localizados en tres zonas del Valle del Ebro.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los muestreos se llevaron a cabo en tres localidades aragonesas con un clima semiárido, en parcelas colindantes o próximas con características similares en términos de tipo de suelo y rotación de cultivos, pero con diferentes manejos:

- 1) Castejón del Puente (Huesca): pluviometría media anual de 421 mm y temperatura ( $T^a$ ) media anual de 13,7 °C. En este estudio se ha comparado el efecto de 2 manejos del suelo: siembra directa (SD) sin laboreo y con mantenimiento del residuo del cereal en superficie, frente al manejo convencional del suelo (LC) pero con incorporación de la paja. En el caso del sistema de SD se dispuso de parcelas en suelos con una elevada proporción de yeso (denominada “Chesas” en la zona), y de parcelas en suelos sin presencia de yeso. Las parcelas de LC se ubicaron exclusivamente en zonas con yeso. Por ello, se ha realizado la comparación de la información obtenida mediante análisis de varianza considerando 3 tratamientos: (1) Chesa SD, (2) Valle SD, y (3) Chesa LC. El suelo es franco arenoso y con pH básico o neutro.
- 2) Pina de Ebro (Zaragoza): pluviometría media anual de 350 mm y  $T^a$  media anual de 14,9°C. Dos parcelas colindantes dedicadas a cultivos extensivos en regadío. Se han comparado dos sistemas de manejo del suelo (LC: laboreo convencional y SD: siembra directa). El patrón de cultivos es similar en ambas parcelas: alfalfa-cereal-cultivos de verano (girasol, maíz). El riego se realiza por inundación en las dos parcelas y se extraen los residuos de cultivo (excepto del maíz). En el caso de la parcela bajo SD, no se ha labrado durante 15 años. Ambas parcelas se abonan con purín porcino a una dosis anual de 35-40 t/ha. El suelo es franco arenoso y con pH básico.
- 3) Sádaba (Zaragoza): pluviometría media anual de 557 mm y  $T^a$  media anual de 16 °C. Se han comparado tres manejos del suelo-cultivo: (1) SD: siembra directa (SD) sin laboreo (+20 años), (2) LC: laboreo convencional vertical (+20 años), y (3) Ecol: laboreo convencional vertical con manejo en ecológico (+10 años) con aplicación de fertilizantes orgánicos en lugar de abonos sintéticos. En los tres sistemas se extrae la paja del cereal, para evitar problemas de la sembradora con el residuo. El patrón de cultivos es muy similar en los 3 sistemas, aunque en LC y Ecol se introducen leguminosas (uno de cada cuatro años) en SD no se utilizan, aunque periódicamente se siembra colza. El suelo es franco arcilloso arenoso y con pH básico.

Cada parcela demostrativa se dividió en 4 zonas en las cuales se tomaron muestras compuestas (4-6 puntos repartidos por cada zona para constituir una muestra compuesta por cada zona) a una profundidad de 20 cm. Las muestras obtenidas se transportaron al laboratorio bajo condiciones de refrigeración para su procesado al día siguiente.

En el laboratorio, la preparación de muestras y los grupos microbianos se analizaron siguiendo la normativa ISO correspondiente a análisis microbiológico de alimentos (Videgain-Marco et al. 2021). Se tomaron 25 g como analito que se colocaron en una bolsa tipo Stomacher estéril

provista de filtro de celulosa. Se utilizó agua de peptona (Merck, Darmstadt, Alemania) al 0,1% con NaCl (0,85%) como diluyente, y se homogenizó en un Stomacher Lab-Blender Circulator 400 (Seward Laboratory, Londres, Reino Unido) durante 2 minutos a 260 rpm. Los medios de cultivo se prepararon siguiendo las indicaciones del etiquetado de los medios y de la normativa ISO 11133-1:2009.

Los datos se sometieron a análisis de varianza tras comprobar si cumplían los requisitos de normalidad y homocedasticidad. Se evaluó la influencia de la localización y del sistema de manejo. Las diferencias entre sistemas se consideraron significativas a un nivel de probabilidad del 5%. En caso necesario, se empleó el test de Tukey para separar medias.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La carga microbiana de todas las muestras analizadas resultó por encima de 7 log ufc/g independientemente del sistema de manejo y los factores ambientales (Tabla 1). Estos resultados sugieren una actividad microbiana notable, en línea con resultados previos de otros investigadores en suelos agrarios (Zappellini et al. 2018).

Tabla 1. Carga microbiana (logaritmo de unidades formadoras de colonias por gramo de suelo) en las tres localidades estudiadas en función del sistema de manejo: LC = laboreo convencional, SD = siembra directa. Para cada localización, se han utilizado letras para señalar las diferencias significativas entre sistemas de manejo ( $\alpha = 0,05$ ).

Grupos taxonómicos	Castejón del Puente			Pina de Ebro		Sádaba		
	Chesa SD	Chesa LC	Valle SD	SD	LC	Ecológico	SD	LC
Aeroanaerobios mesófilos totales	7,7 a	7,8 a	7,4 a	7,8 a	7,7 a	7,9 a	7,4 b	7,7 ab
Rhizobiales	7,3 b	7,5 a	7,0 b	7,4 a	7,3 a	7,3 a	7,1 a	7,4 a
Actinomicetos	7,2 b	7,5 a	7,2 b	7,5 a	7,5 a	7,3 a	7,1 a	7,3 a
Pseudomonas	6,1 a	5,8 a	5,7 a	6,0 a	5,9 a	6,1 a	6,1 a	6,4 a
Micobiota	5,0 a	5,3 a	4,9 a	5,4 a	5,3 a	5,0 a	4,5 a	4,9 a
Esporulados	5,8 b	6,1 a	5,7 b	4,9 a	4,9 a	6,2 a	6,1 a	6,1 a

Los grupos microbianos más numerosos fueron los rhizobiales y actinomicetos ( $>10^7$  ufc/g), indicando una alta actividad biológica. Ambos juegan un papel clave en la fijación de nitrógeno, la solubilización del fosfato, la producción de sideróforos y la inducción a producción de fitohormonas y la descomposición de materia orgánica (Glick 2012). Los actinomicetos no necesitan humedad para su desarrollo, prosperando en condiciones semisecas, probablemente debido a su capacidad para esporular en ambientes secos (El-Tarabily y Sivasithamparam 2006). Tras estos destacaron el complejo *Pseudomonas* y el grupo de microorganismos esporulados ( $\approx 10^6$  ufc/g), cuya función en el suelo es similar a la de los grupos mencionados anteriormente (Glick 2012). Por otra parte, la carga de microorganismos esporulados fue significativamente inferior en Pina de Ebro que en el resto de localidades, probablemente debido al riego aplicado en esta zona.

En el caso de Castejón del Puente, se observaron diferencias significativas entre sistemas de manejo para Rhizobiales, Actinomicetos y microorganismos esporulados, siendo el sistema LC en Chesa el que mayor biomasa microbiana presentaba (Tabla 1). En Pina de Ebro no se observaron diferencias entre sistemas de manejo (Tabla 1). En Sádaba, tan solo se detectaron diferencias significativas para mesófilos totales, presentando menor carga microbiana el sistema en SD (Tabla 1).

## CONCLUSIONES

Este estudio ha permitido caracterizar la diversidad de microorganismos viables en suelos dedicados al cultivo de cereal bajo diferentes condiciones (riego, manejo ecológico, siembra directa) en tres localidades del Valle del Ebro. No se han detectado diferencias significativas entre localidades y sistemas de manejo en las cargas microbianas de los grupos analizados, mostrando todos los suelos una elevada carga microbiana.

**Agradecimientos:** Este estudio es parte del Programa AGROALNEXT, promovido por MCIN y financiado con fondos de la Unión Europea NextGenerationEU (PRTR-C17.11).

## REFERENCIAS

- Backer R, Rokem JS, Ilangumaran G, Lamont J, Praslickova D, Ricci E, Subramanian S, Smith DL. 2018. Plant growth-promoting rhizobacteria: Context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science* 9: 1473.
- El-Tarabily KA, Sivasithamparam K. 2006. Non-streptomycete actinomycetes as biocontrol agents of soil-borne fungal plant pathogens and as plant growth promoters. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 1505–1520.
- Glick BR. 2012. Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. *Scientifica* 15: 963401.
- Guzmán A, Obando M, Rivera D, Bonilla R. 2012. Selección y caracterización de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (RPCV) asociadas al cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum*). *Revista Colombiana de Biotecnología* 14(1): 182–190.
- Navarro-Ródenas A, Berná LM, Lozano-Carrillo C, Andrino A., Morte A. 2016. Beneficial native bacteria improve survival and mycorrhization of desert truffle mycorrhizal plants in nursery conditions. *Mycorrhiza* 26(7): 769–779.
- Vasseur-Coronado M, Dupré du Boulois H, Pertot I, Puopolo G. 2021. Selection of plant growth promoting rhizobacteria sharing suitable features to be commercially developed as biostimulant products. *Microbiological Research* 245: 126672.
- Videgain-Marco M, Marco-Montori P, Martí-Dalmau C, Jaizme-Vega MDC, Manyà-Cervelló JJ, García-Ramos FJ. 2021. The effects of biochar on indigenous arbuscular mycorrhizae fungi from agroenvironments. *Plants* 10(5): 950.
- Zappelini C, Alvarez-Lopez V, Capelli N, Guyeux C, Chalot M. 2018. Streptomyces dominate the soil under betula trees that have naturally colonized a red gypsum landfill. *Frontiers in Microbiology* 9: 1772.