

Comparación del microbioma de suelos calcáreos y yesosos en parcelas de secano bajo clima Mediterráneo

Comparison of the microbiome of calcareous and gypseous soils in rainfed field plots under Mediterranean climate

María-José Sierra*, Rocío García-Montero, Manuel Rodríguez-Rastrero & Rocio Millán

*CIEMAT, Departamento de Medio Ambiente, Avenida Complutense 40, E-28040 Madrid, Spain
(*E-mail: mj.sierra@ciemat.es)*

<https://doi.org/10.19084/rca.28411>

RESUMEN

El papel de los microorganismos en el mantenimiento de un suelo sano y equilibrado es primordial debido a las distintas funcionalidades que ofrecen, los cuales, que, a su vez, influirán directamente sobre los servicios ecosistémicos de dicho suelo. Su utilización como indicador de la salud del suelo puede ser de gran relevancia a nivel global. En los agroecosistemas, la composición y funcionalidad del microbioma, condicionadas por una cadena de variables ambientales, es un factor determinante en su capacidad productiva. Este trabajo se centra en las diferencias existentes entre el microbioma de un suelo calcáreo y uno calcáreo yipsícola dedicados ambos, al monocultivo de cebada. Para ello se evalúan factores como la diversidad, abundancia o funcionalidad de dichos microbiomas. Los resultados de este trabajo, dado las bajas ratios hongo/bacteria, señalan degradación en ambos casos. Aunque, atendiendo a la mayor diversidad del suelo calcáreo, este parece estar más sano. Por otra parte, hay más especialización, reflejada en mayores abundancias relativas de ciertos microorganismos, en el suelo yesoso. Este último presenta además mayor funcionalidad que puede estar relacionada con la adaptación de dichos microorganismos a mayores factores de estrés.

Palabras clave: microbioma, salud del suelo, suelo calcáreo, suelo yesoso, agricultura de secano.

ABSTRACT

The role of microorganisms in maintaining healthy and balanced soil is essential due to the different functionalities they offer, which, in turn, will directly influence the soil ecosystem services. The use of microbiome as an indicator of soil health can be of great relevance at a global level. In agroecosystems, the composition of the microbiome together with the functionalities it offers, balanced or not, will determine the agricultural production of the soil. And all this will be influenced by a chain of interconnected variables that differ between ecosystems. This work focuses on the differences between the microbiome of a calcareous soil and a gypseous soil, both dedicated to barley monoculture. Factors such as microbiome diversity, abundance or functionality are evaluated. The results of this work, given the low fungus/bacteria ratios, indicate soil degradation in both cases. If we consider the greater diversity of the calcareous soil, this seems to be the healthiest. On the other hand, there is more specialization, reflected in greater relative abundances of certain microorganisms, in the calcareous gypsum soil. The latter also has greater functionality that may be related to the adaptation of these microorganisms to greater stress factors.

Keywords: microbiome, soil health, calcareous soil, gypseous soil, rainfed agriculture.

INTRODUCCIÓN

El papel de los microorganismos en el mantenimiento de un suelo sano y equilibrado es primordial debido a las distintas funcionalidades que ofrecen, que, a su vez, influirán directamente sobre los servicios ecosistémicos de dicho suelo. Los microorganismos del suelo participan en la descomposición y en el ciclo de nutrientes y sirven como indicadores de cambios de usos y de la salud del ecosistema. En un suelo, la diferencia en la composición del microbioma puede estar marcada por numerosos factores interconectados (Wixon & Balser, 2009).

El objetivo principal de este trabajo es estudiar diferencias existentes en la composición del microbioma de un suelo agrícola calcáreo y un suelo agrícola calcáreo yipsícola, dedicados ambos al monocultivo. Esto nos ayudará a conocer la salud de dichos suelos basándonos en factores como la diversidad, abundancia o funcionalidad de dichos microbiomas y nos dará pistas para llevar a cabo un manejo sostenible de este tipo de suelos.

MATERIAL Y MÉTODOS

En febrero de 2022, fueron recogidas 18 muestras de suelo a una profundidad de entre 3 y 20 cm, en dos localizaciones distintas correspondientes a dos parcelas experimentales situadas en Casasana (Guadalajara, España) y en Buendía (Cuenca, España) a unos 32 km de distancia entre sí por carretera. Casasana está caracterizada por un suelo desarrollado en margas yesíferas; y Buendía muestra un suelo desarrollado en un depósito de gravas, arenas y arcillas muy calcáreas. En ambas ubicaciones los suelos son pobres en materia orgánica, N y K y tienen pH básico. Los dos suelos han estado dedicados al monocultivo de cebada, estando en el momento del muestreo sin cultivar.

En dichas muestras se realizó un análisis general del microbioma del suelo en el que se incluye la distribución de hongos y bacterias; y su abundancia, diversidad y funcionalidad.

Tabla 1 - Características de ambos suelos

	Casasana	Buendía
Coordenadas	40°31'44,44"N 2°38'11,19"W	40°22'10,43"N 2°46'18,72"W
Altitud (m s.n.m.)	976	688
P media anual (mm)	610	472
pH	7,7	8,6
MO (%)	0,50 ± 0,08	1,13 ± 0,17
CaCO ₃ (%)	31,5 ± 7,8	49,9 ± 2,27
*1Yeso (%)	15 ± 8,9	0
*2Ca ²⁺ (cmol+ kg ⁻¹)	279,8 ± 31,2	45,8 ± 0,85
N _T (%)	0,06 ± 0,01	0,14 ± 0,02
P _{olsen} (mg kg ⁻¹)	42,4 ± 9,1	87,8 ± 11,9
K _{asimilable} (mg kg ⁻¹)	46,9 ± 6,6	27,1 ± 7,5
Textura (< 2mm)	Franco-arcillosa	Franco-arcillo-arenosa
Elemen. gruesos (%)	12,9 ± 2,4	21,3 ± 3,4

*1Yeso semicuantitativo por DRX.

*2Se asume que el complejo de cambio del suelo está saturado en Ca²⁺ (en estos valores interviene evidentemente el Ca²⁺ disuelto).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Buendía existen 1747 taxones microbianos (975 hongos y 768 bacterias), y en Casasana 1421 (685 hongos y 732 bacterias). El índice de biodiversidad en Buendía es significativamente mayor que en Casasana. La menor diversidad en Casasana puede indicar que las condiciones específicas de ese suelo, con valores altos de yeso y por tanto, de Ca²⁺ en la solución del suelo, niveles más bajos de N_{total} o menor contenido en materia orgánica (Tabla 1), resultan estresantes para la microbiota desplazando microorganismos en favor de aquellos más especializados. Por otra parte el suelo de Buendía es más diverso en hongos que en bacterias mientras que en Casasana ocurre lo contrario. Aunque la diversidad de hongos es mayor en Buendía que en Casasana, la ratio en abundancia de hongos/bacteria es mayor en Casasana (0,08) que en Buendía (0,02). En cualquier caso son ratios muy bajas, similares a las encontradas en suelos dedicados a agricultura intensiva, lo que puede tomarse como un indicador de degradación (Six *et al.*, 2006) en ambos suelos.

El índice de funcionalidad se clasifica en Casasana como muy alto y en Buendía como medio. En Casasana los índices significativamente más altos interesantes a destacar son el referente a la solubilización de K, de P inorgánico, de asimilación de Fe, equilibrio del ciclo del S o el de ciclado de N.

Hongos

Buendía presenta una mayor diversidad que Casasana dentro de los filos *Basidiomycota* y *Ascomycota*. En el resto de filos la diversidad es similar a excepción del filo *Glomeromycota* que solo tiene representación en Buendía (micorrizas arbusculares: MA).

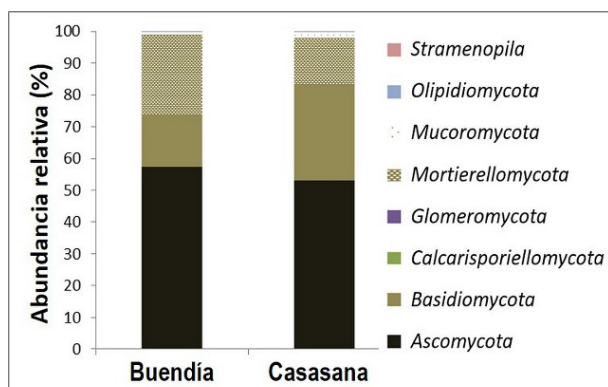


Figura 1 - Abundancia relativa de los distintos filos de hongos en Buendía y Casasana.

En cuanto a abundancia relativa, en las dos localizaciones casi el 100 % de los hongos se reparten entre *Ascomycota*, *Basidiomycota* y *Mortierellomycota* (Figura 1). *Ascomycota* es similar en ambas localizaciones, *Basidiomycota* en Casasana casi dobla a Buendía y *Mortierellomycota* en Buendía casi dobla a Casasana.

Micorrizas: MA solo aparecen en Buendía donde su abundancia relativa es menor de 0,2 % y la diversidad es también pequeña. Aparece el género *Diversispora* y la especie *Otospora bareae*. Este tipo de micorrizas, aunque tiene menos requerimientos de carbono, depende mucho de su planta hospedadora. El suelo de Casasana, en el momento del muestreo, estaba totalmente desnudo y el de Buendía presentaba algo de vegetación natural. Por otra parte, la ausencia de MA puede ser causa de una competencia colectiva y efectos antagónicos de la comunidad microbiana existente, además de otros factores como el bajo pH (Svenningsen *et al.*, 2018).

Por otra parte las ectomicorrizas (ECM) tienen una tolerancia ambiental más amplia (Branco y Ree, 2010). En Buendía hay una mayor diversidad, mientras que en Casasana hay una mayor abundancia relativa. Es destacable en Casasana *Cortinarius*

diasemospermus (3,25 % en Casasana vs 0,39 % en Buendía). En cuanto a esto, mencionar el estudio de Aponte *et al.* (2010) donde se observó que altos niveles de Ca y pH en el suelo suponían una relación significativa con bajos niveles de diversidad de ECM. En nuestro caso ambos suelos presentan saturación en Ca^{2+} con pHs alcalinos (coherentemente con la abundancia de CaCO_3), sin embargo el Ca^{2+} medido en Casasana es más de 6 veces mayor que en Buendía debido a la presencia de yeso. Por lo tanto, entre estos dos suelos, el factor limitante a la diversidad podría ser la abundancia de Ca^{2+} en vez del pH. Otro factor a tener en cuenta en las estructuras de las comunidades de ECM es el N (Talbot y Treseder, 2010). Así, Buendía, con mayores valores de N_{total} que Casasana, presenta mayor diversidad mientras que Casasana presenta mayor abundancia relativa. Hay mayor especialización en el lugar con menos recursos de N.

En cuanto al resto de hongos, se mantiene una mayor diversidad en Buendía con respecto al suelo de Casasana. Destacar dentro del género *Mortierella* (similar en diversidad en las dos localidades), la especie *M. alpina* muy afectada por los niveles de N en el suelo (Kikukawa *et al.*, 2018). Su abundancia relativa es 4,5 veces mayor en Buendía que en Casasana (18,61 % vs. 4,10 %).

Bacterias

Buendía presenta una mayor diversidad que Casasana dentro de los filos *Actinobacteriota*, *Bacteroidota*, *Gemmatimonadota* y *Myxococcota*. Por su parte Casasana presenta mayor diversidad en los filos *Acidobacteriota* y *Firmicutes*. En el resto de los filos la diversidad es similar.

En cuanto a abundancia relativa, en las dos localizaciones casi el 100 % de las bacterias se reparten entre *Acidobacteriota*, *Actinobacteriota*, *Bacteroidota*, *Firmicutes* y *Proteobacteria* (Figura 2). Siendo la abundancia de *Bacteroidota* similar en ambos suelos, de *Acidobacteriota*, *Firmicutes* y *Proteobacteria* mayor en Casasana que en Buendía (2,6; 3,2 y 1,3 veces, respectivamente) y de *Actinobacteriota* mayor en Buendía que en Casasana (2.6 veces).

En cuanto a bacterias interesantes en agricultura, serían destacables, dentro del filo *Proteobacteria*,

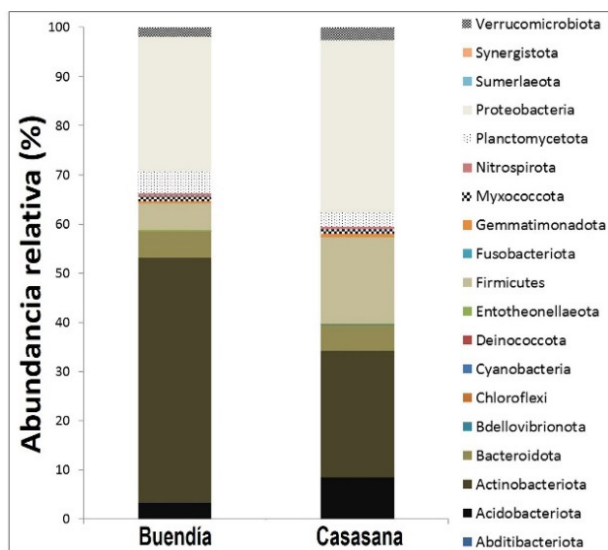


Figura 2 - Abundancia relativa de los distintos filos de bacterias en Buendía y Casasana.

géneros relacionados con enfermedades como *Pseudomonas* o *Ralstonia*. La abundancia relativa del primero es significativamente mayor en Casasana que en Buendía (15,4 veces mayor: 1,23 % vs 0,08 %) y el segundo solo está presente en Casasana en una abundancia relativa de 1,18 %. Por otra parte, dentro del filo *Actinobacteriota*, sería destacable la presencia de géneros considerados como beneficiosos como *Blastococcus* o *Solirubrobacter* con una

abundancia relativa significativamente mayor en Buendía que en Casasana (2,50 % vs. 0,08 %, 8,72 % vs. 2,04; respectivamente). Esto vuelve a indicar que dentro de dos suelos degradados, la calidad del suelo yesoso (Casasana) parece menor.

CONCLUSIONES

El microbioma del suelo calcáreo es más diverso que el del suelo yesoso. Sin embargo, en este último hay más especialización, reflejada en mayores abundancias relativas de ciertos taxones. El suelo yesoso presenta además mayor funcionalidad que puede estar relacionada con la adaptación de dichos microorganismos a factores de estrés como mayores niveles de Ca^{2+} o menores contenidos en N, en comparación con el suelo calcáreo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado con el Proyecto de Colaboración Internacional: ConnectFarms (Sus-Crop-ERA-NET, PCI2021-122085-2A) dentro del Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2021-2023. Agradecemos a la empresa Biome Makers Spain S.L. los análisis de laboratorio referentes al microbioma del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aponte, C.; García, L.V.; Marañón, T. & Gardes, M. (2010) - Indirect host effect on ectomycorrhizal fungi: Leaf fall and litter quality explain changes in fungal communities on the roots of co-occurring Mediterranean oaks. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 42, n. 5, p. 788-796. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.01.014>
- Branco, S. & Ree, R.H. (2010) - Serpentine soils do not limit mycorrhizal fungal diversity. *PLoS One*, vol. 5, n. 7, art. e11757. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011757>
- Kikukawa, H.; Sakuradani, E.; Ando, A.; Shimizu, S. & Ogawa, J. (2018) - Arachidonic acid production by the oleaginous fungus *Mortierella alpina* 1S-4: A review. *Journal of Advanced Research*, vol. 11, p. 15-22. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2018.02.003>
- Svenningsen, N.B.; Watts-Williams, S.; Joner, E.; Battini, F.; Efthymiou, A.; Cruz-Paredes, C.; Nybroe, O. & Jakobsen, I. (2018) - Suppression of the activity of arbuscular mycorrhizal fungi by the soil microbiota. *ISME Journal*, vol. 12, p. 1296-1307. <https://doi.org/10.1038/s41396-018-0059-3>
- Six, J.; Frey, S.D.; Thiet, R.K. & Batten, K.M. (2006) - Bacterial and fungal contributions to carbon sequestration in agroecosystems. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 70, n. 2, p. 555-569. <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.0347>
- Talbot, J.M. & Treseder, K.K. (2010) - Controls over mycorrhizal uptake of organic nitrogen. *Pedobiologia*, vol. 53, n. 3, p. 169-179. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2009.12.001>
- Wixon, D. & Balser, T. (2009) - Complexity, climate change and soil carbon: a systems approach to microbial temperature response. *Systems Research and Behavioral Science*, vol. 26, n. 5, p. 601-620. <https://doi.org/10.1002/sres.995>