Guía docente de la asignatura

Micorrizas y Microorganismos Rizosféricos (M46/56/1/14)

Fecha de aprobación por la Comisión Académica: 27/06/2025

Máster	Máster Universitario en Investigación y Avances en Microbiología
MÓDULO	Módulo de Docencia
RAMA	Ciencias
CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO	Escuela Internacional de Posgrado

Semestre	Primero	**Créditos**	3	**Tipo**	Optativa	**Tipo de enseñanza**	Presencial

PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

Los propios del máster.

En el caso de utilizar herramientas de IA para el desarrollo de la asignatura, el estudiante debe adoptar un uso ético y responsable de las mismas. Se deben seguir las recomendaciones contenidas en el documento de "Recomendaciones para el uso de la inteligencia artificial en la UGR" publicado en esta ubicación: https://ceprud.ugr.es/formacion-tic/inteligencia-artificial/recomendaciones-ia#contenidoo

BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Máster)

1. Diversidad y actividad de la microbiota del suelo.
2. Micorrizas: Conceptos y Tipos. Micorrizas arbusculares (MA) y su significado en ecosistemas naturales y agrosistemas.
3. Estructura y función de las MA.
4. Señalización pre-simbiótica en las MA.
5. Regulación hormonal del proceso de formación de las MA.
6. Susceptibilidad de las plantas a la micorrización.
7. Biotrofismo obligado de los hongos MA.
8. Aspectos moleculares de la nutrición en MA.
9. Relaciones hídricas en plantas MA.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 10:37
Código seguro de verificación (CSV): 995976DC80CA1F4F1692E92FC62A389F Pág. 1 de 8

10. MA y resistencia de las plantas a estreses osmóticos.
11. Control biológico de patógenos por microorganismos rizosféricos y MA.
12. Bioremediación por microorganismos rizosféricos.
13. Interacciones ecológicas entre poblaciones de hongos MA en la rizosfera.
14. Interacción de las MA con microorganismos rizosféricos.
15. Biotecnología y aplicaciones prácticas de las MA y microorganismos rizosféricos en agricultura.

COMPETENCIAS

COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Reconocer un problema microbiológico que ofrezca interés para la investigación, describirlo apropiadamente en su entorno (antecedentes, estado de la cuestión, hipótesis planteadas por otros autores, etc.) y plantear con claridad los objetivos de la investigación correspondiente.
- CE02 - Diseñar el proceso de investigación apropiado para resolver el problema planteado, seleccionando las metodologías y técnicas más eficaces y los experimentos oportunos de acuerdo con los objetivos de la investigación propuesta.
- CE03 - Poner a punto las técnicas necesarias para la resolución del problema planteado, contrastando su corrección y validación.
- CE04 - Realizar la investigación diseñada, trabajando dentro de un equipo y/o en colaboración con otros investigadores.
- CE05 - Elaborar los datos de laboratorio y presentar los resultados de forma lógica y funcional.
- CE06 - Establecer de forma crítica la relevancia y significación de los resultados obtenidos respecto de los objetivos propuestos y elaborar las conclusiones pertinentes, en el marco del conocimiento científico actual sobre el tópico en cuestión.
- CE07 - Elaborar un ¿reporte¿ científico/técnico o trabajo de investigación que comunique a la comunidad científica la aportación de la investigación realizada, manejando las tecnologías de la información útiles para la adquisición y difusión de resultados en investigación.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): 995976DC80CA1F4F1692E92FC62A389F
06/05/2026 - 10:37
Pág. 2 de 8

- CE08 - Presentar públicamente ideas, procedimientos o informes de investigación sobre microbiología para asesorar a personas y a organizaciones.

COMPETENCIAS

COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Reconocer un problema microbiológico que ofrezca interés para la investigación, describirlo apropiadamente en su entorno (antecedentes, estado de la cuestión, hipótesis planteadas por otros autores, etc.) y plantear con claridad los objetivos de la investigación correspondiente.
- CE02 - Diseñar el proceso de investigación apropiado para resolver el problema planteado, seleccionando las metodologías y técnicas más eficaces y los experimentos oportunos de acuerdo con los objetivos de la investigación propuesta.
- CE03 - Poner a punto las técnicas necesarias para la resolución del problema planteado, contrastando su corrección y validación.
- CE04 - Realizar la investigación diseñada, trabajando dentro de un equipo y/o en colaboración con otros investigadores.
- CE05 - Elaborar los datos de laboratorio y presentar los resultados de forma lógica y funcional.
- CE06 - Establecer de forma crítica la relevancia y significación de los resultados obtenidos respecto de los objetivos propuestos y elaborar las conclusiones pertinentes, en el marco del conocimiento científico actual sobre el tópico en cuestión.
- CE07 - Elaborar un ¿reporte¿ científico/técnico o trabajo de investigación que comunique a la comunidad científica la aportación de la investigación realizada, manejando las tecnologías de la información útiles para la adquisición y difusión de resultados en investigación.
- CE08 - Presentar públicamente ideas, procedimientos o informes de investigación sobre microbiología para asesorar a personas y a organizaciones.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 10:37
Código seguro de verificación (CSV): 995976DC80CA1F4F1692E92FC62A389F Pág. 3 de 8

El alumno sabrá/comprenderá:

Los alumnos conocerán los conceptos básicos y últimos avances en ecología, bioquímica, biotecnología, genética y biología molecular de las micorrizas arbusculares (simbiosis microbio-planta) y de los microorganismos rizosféricos, así como sus aplicaciones en agricultura y protección del medio ambiente. Conocerán asimismo el impacto de las micorrizas y microorganismos rizosféricos en la evolución, desarrollo y productividad de las plantas. Finalmente, conocerán los efectos beneficiosos y medioambientales de las micorrizas y su transferencia al desarrollo sostenible.

El alumno será capaz de:

Explicar el significado de las micorrizas y microorganismos rizosféricos en agroecología, con referencia a sistemas agrícolas y ecosistemas naturales, y saber aplicar los microorganismos en beneficio de un desarrollo sostenible de los sistemas suelo-planta.

PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

TEÓRICO

1. Diversidad y actividad de la microbiota del suelo. Tendencias actuales de la investigación en este campo.
2. Micorrizas: Conceptos y tipos. Micorrizas arbusculares (MA) y su significado en ecosistemas naturales y agrosistemas.
3. Biología, evolución, diversidad, taxonomía y filogenia de los hongos MA.
4. Estructura y función de las MA.
5. Regulación hormonal de las MA.
6. Ecología de las MA.
7. Aspectos fisiológicos y moleculares de la nutrición en MA.
8. Relaciones hídricas en plantas MA.
9. MA y resistencia de las plantas a estreses osmóticos.
10. Control biológico de patógenos por microorganismos rizosféricos y MA.
11. Aspectos fisiológicos y moleculares de la adquisión de metales por MA. Consecuencias es biorremediación y biofortificación.
12. Interacción MA y microorganismos rizosféricos para mejorar las propiedades físicas y biológicas del suelo.
13. Interacción MA y microorganismos rizosféricos para mejorar la nutrición de las plantas.
14. Biotecnología de la MA. Producción de inoculantes.
15. Aplicación de las AM y microorganismos rizosféricos en agroecología y recuperación de espacios degradados.
16. Importancia ecológica y evolutiva de las interacciones bióticas. Redes de interacción.

PRÁCTICO

- Caracterización funcional de hongos micorrícicos.
- Evaluación de resistencia frente a patógenos en planta.
- Análisis de redes de interacción y coocurrencia.

PRÁCTICAS:

- Identificación de tipos de colonización de hongos micorrícicos.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): 995976DC80CA1F4F1692E92FC62A389F
06/05/2026 - 10:37
Pág. 4 de 8

- Desarrollo de bases de datos funcionales y su interpretación en el contexto de comunidad.
- Análisis basado en rasgos.
- Identificación de daños por patógenos en hojas.
- Análisis de daños y evaluación de la protección por microorganismos rizosféricos.
- Cálculo de redes y sus modelos nulos.
- Obtención de parámetros de red y su análisis en el contexto de gradientes ambientales.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- **Pozo MJ, Zabalgogeazcoa I, Vazquez de Aldana BR, Martinez-Medina A.** (2021). Untapping the potential of plant mycobiomes for applications in agriculture. Current Opinion in Plant Biology. doi:10.1016/j.pbi.2021.102034.
- **Lugtenberg, B. (Ed.).** (2015). Principles of Plant-Microbe Interactions. Microbes for Sustainable Agriculture. Springer.
- **Pieterse, CMJ., et al.** (2014). Induced systemic resistance by beneficial microbes. Annual Review of Phytopathology. 52: 347-375.
- **Barea JM, Pozo MJ, Azcón R, Azcón-Aguilar C** (2013) Microbial co-operation in the rhizosphere. In: Molecular Microbial Ecology of the Rhizosphere (de Bruijn, F.J. Ed.) John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey. pp. 29-44.
- **Barea, J.M., Pozo, M.J., López-Ráez, J.A., Aroca, R., Ruíz-Lozano, J.M., Ferrol, N., Azcón, R., Azcón-Aguilar, C.** (2013). Arbuscular mycorrhizas and their significance in promoting soil-plant systems sustainability against environmental stresses. In: Beneficial Plant-Microbial Interactions: Ecology and Applications (Rodelas, M.B., González-López, J., Eds.) CRC Press, Boca Raton, USA, pp. 353-387.
- **Bascompte, J., & Jordano, P.** (2013). Mutualistic networks (Vol. 70). Princeton University Press.
- **Mendes, R., et al.** (2013). The rhizosphere microbiome: Significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. FEMS Microbiology Reviews 37(5): 634-663.
- **Pozo, M.J., Jung, S.C., Martínez-Medina, A., López-Ráez, J.A., Azcón-Aguilar, C., Barea, J.M.** (2013). Root allies: Arbuscular mycorrhizal fungi help plants to cope with biotic stresses. In: Symbiotic Endophytes (Aroca, R. ed.) Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. pp. 289-307.
- **Morin, P.J.** (2009). Community ecology. John Wiley & Sons.
- **Smith, S., Read, D.** (2008). Mycorrhizal Symbiosis. 3rd Edition. Academic Press.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- **Rivero J, Lidoy J, Llopis A, Herrero S. Flors V, Pozo MJ.** (2021) Mycorrhizal symbiosis primes the accumulation of antiherbivore compounds and enhances herbivore mortality in tomato. Journal of Experimental Botany 72: 5038–5050. https://doi.org/10.1093/jxb/erab171
- **De Kesel J, Conrath U, Flors V, Luna E, Mageroy M, Mauch-Mani B, Pastor V, Pozo MJ, Pieterse, Ton J, Kyndt T** (2021). The Induced Resistance Lexicon: Do's and Don'ts. Trends in Plant Science 26: 685-691. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2021.01.001.
- **Ferrol N, Lanfranco L (eds.)** (2020). Methods in Molecular Biology, vol. 2146, Arbuscular mycorrhizal fungi: methods and protocols, Springer Nature.
- **Pozo et al.,** (2020). Three-way interactions between plants, microbes, and arthropods (PMA): Impacts, mechanisms, and prospects for sustainable plant protection. Teaching

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 10:37
Código seguro de verificación (CSV): 995976DC80CA1F4F1692E92FC62A389F Pág. 5 de 8

Tools in Plant Biology: Lecture Notes. The Plant Cell (online), doi/10.1105/tpc.120.tt0720.
- **Sanmartín N, Pastor V, Pastor-Fernández J, Flors V, Pozo MJ, Sánchez-Bel P** (2020). Role and mechanisms of callose priming in mycorrhiza-induced resistance. Journal of Experimental Botany 9(9): 2769-278.
- **Rivero J, Álvarez D, Flors V, Azcón-Aguilar C, Pozo MJ** (2018). Root metabolic plasticity underlies functional diversity in mycorrhiza-enhanced stress tolerance in tomato. New Phytologist 220: 1322–1336 (2018) DOI:10.1111/nph.15295
- **Barea, J.M., Azcón, R., Azcón-Aguilar, C.** (2017). Mycorrhizosphere interactions to improve a sustainable production of legumes. In: Microbes for Legume Improvement (Zaidi, A., Khan, M.S., Musarrat, J. Eds.) Springer, Cham, Suiza. 199-225 pp. ISBN 978-3-319-59173-5 DOI 10.1007/978-3-319-59174-2_9
- **Durán P, Jorquera M, Viscardi S, Carrión VJ, Mora ML, Pozo MJ** (2017). Screening and characterization of potentially suppressive soils against Gaeumannomyces graminis under extensive wheat cropping in chilean indigenous communities. Frontiers in Microbiology 8: 1552.
- **Barea JM, Pozo MJ, Azcón-Aguilar C** (2016) Significado y aplicación de las micorrizas en Agricultura. Agricultura, octubre 2016, pp 746-751.
- **Martínez-Medina A, Flors V, Heil M, Mauch-Mani B, Pieterse CM, Pozo MJ, Ton J, van Dam NM, Conrath U** (2016) Recognizing plant defense priming. Trends Plant Sci 21(10): 818-822 (D1).
- **Martínez-Medina A, I Fernández I, Lok GB, Pozo MJ, Pieterse CMJ, Van Wees SM** (2016) Shifting from priming of salicylic acid- to jasmonic acid-regulated defences by Trichoderma protects tomato against the root knot nematode Meloidogyne incognita. New Phytol 213(3): 1363-1377.
- **Azcón-Aguilar, C., Barea, JM** (2015). Nutrient cycling in the mycorrhizosphere. In: Gianfreda, L. (Guest Editor) Biogeochemical processes in the rhizosphere and their influence on plant nutrition. Special issue of the Journal of Soil Science and Plant Nutrition 15: 372-396.
- **Barea, JM.** (2015). Future challenges and perspectives for applying microbial biotechnology in sustainable agriculture based on a better understanding of plant-microbiome interactions. In: Gianfreda, L. (Guest Editor) Biogeochemical processes in the rhizosphere and their influence on plant nutrition. Special issue of the Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 15: 261-282.
- **Pozo MJ, López-Ráez JA, Azcón-Aguilar C, García-Garrido JM** (2015). Phytohormones as integrators of environmental signals in the regulation of mycorrhizal symbioses. New Phytologist 205: 1431-143
- **Herrera, C.M. & Pellmyr, O.** (Eds.) (2009). Plant animal interactions: an evolutionary approach. John Wiley & Sons.
- **Bascompte, J., & Jordano, P.** (2007). Plant-animal mutualistic networks: the architecture of biodiversity. Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. 38, 567-593.

ENLACES RECOMENDADOS

- https://www.eez.csic.es/es/micorrizas
- https://grupos.eez.csic.es/mycostress/
- http://mycorrhizas.info/index.html
- https://www.cost-camo.eu/
- https://www.youtube.com/watch?v=mlX-iWUKyaA

METODOLOGÍA DOCENTE

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 10:37
Código seguro de verificación (CSV): 995976DC80CA1F4F1692E92FC62A389F Pág. 6 de 8

- MD01 Clases magistrales
- MD02 Experimentación
- MD03 Colección, estudio y análisis bibliográfico

EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

EVALUACIÓN ORDINARIA

El artículo 17 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que la convocatoria ordinaria estará basada preferentemente en la evaluación continua del estudiante, excepto para quienes se les haya reconocido el derecho a la evaluación única final.

- Asistencia a clase y participación del alumno en sesiones de discusión: 20%
- Pruebas de asimilación de conocimientos realizada al final del curso: 50%
- Valoración final de informes, trabajos, proyectos, etc. (individual o en grupo): 30%

EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

El artículo 19 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que los estudiantes que no hayan superado la asignatura en la convocatoria ordinaria dispondrán de una convocatoria extraordinaria. A ella podrán concurrir todos los estudiantes, con independencia de haber seguido o no un proceso de evaluación continua. De esta forma, el estudiante que no haya realizado la evaluación continua tendrá la posibilidad de obtener el 100% de la calificación mediante la realización de una prueba y/o trabajo.

La evaluación en tal caso consistirá en:

- Examen de conocimientos teóricos y prácticos 100%

EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

El artículo 8 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que podrán acogerse a la evaluación única final, el estudiante que no pueda cumplir con el método de evaluación continua por causas justificadas.

Para acogerse a la evaluación única final, el estudiante, en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura o en las dos semanas siguientes a su matriculación si ésta se ha producido con posterioridad al inicio de las clases o por causa sobrevenidas. Lo solicitará, a través del procedimiento electrónico, a la Coordinación del Máster, quien dará traslado al profesorado correspondiente, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua.

La evaluación en tal caso consistirá en:

- Examen de conocimientos teóricos y prácticos 100%

INFORMACIÓN ADICIONAL

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 10:37
Código seguro de verificación (CSV): 995976DC80CA1F4F1692E92FC62A389F Pág. 7 de 8

Información de interés para estudiantado con discapacidad y/o Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE): Gestión de servicios y apoyos (https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad).

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): **995976DC80CA1F4F1692E92FC62A389F**
06/05/2026 - 10:37
Pág. 8 de 8