

SEMESTRE	CRÉDITOS	CARÁCTER	TIPO DE ENSEÑANZA	IDIOMA DE IMPARTICIÓN
1º	3	Optativa	Presencial / Semipresencial / Virtual	Español
MÓDULO		Docencia		
MATERIA		Micorrizas y microorganismos rizosféricos		
CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO		Escuela Internacional de Posgrado		
MÁSTER EN EL QUE SE IMPARTE		Máster Universitario en Investigación y Avances en Microbiología		
CENTRO EN EL QUE SE IMPARTE LA DOCENCIA		Estación Experimental del Zaidín (Consejo Superior de Investigaciones Científicas)		
PROFESORES⁽¹⁾				
Concepción Azcón González de Aguilar				
DIRECCIÓN	Estación Experimental del Zaidín (CSIC), Dpto. Microbiología del Suelo y Sistemas Simbióticos, Edificio de Microbiología, planta baja. Despacho nº 014. Correo electrónico: cazcon@eez.csic.es			
TUTORÍAS	Contactar con el profesor			
María José Pozo Jiménez				
DIRECCIÓN	Estación Experimental del Zaidín (CSIC), Dpto. Microbiología del Suelo y Sistemas Simbióticos, Edificio de Microbiología, planta baja. Despacho nº 015. Correo electrónico: mjpozo@eez.csic.es			
TUTORÍAS	Contactar con el profesor			
Jose Luis Garrido Sánchez				
DIRECCIÓN	Estación Experimental del Zaidín (CSIC), Dpto. Microbiología del Suelo y Sistemas Simbióticos, Edificio de Microbiología, planta baja. Despacho nº 016. Correo electrónico: jlgarrido@eez.csic.es			
TUTORÍAS	Contactar con el profesor			
COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS				

¹ Consulte posible actualización en Acceso Identificado > Aplicaciones > Ordenación Docente

(∞) Esta guía docente debe ser cumplimentada siguiendo la "Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada" ([http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ngc7121/!](http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ngc7121/))

COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES

CB1: Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.

CB2: 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.

CB3: 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.

CB4: 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.

CB5: Poseer las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

CE1: Reconocer un problema microbiológico que ofrezca interés para la investigación, describirlo apropiadamente en su entorno (antecedentes, estado de la cuestión, hipótesis planteada por otros autores, etc.) y plantear con claridad los objetivos de la investigación correspondiente.

CE2: 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.

CE3: Poner a punto las técnicas necesarias para la resolución del problema planteado, contrastando su corrección y validación.

CE4: Realizar la investigación diseñada, trabajando dentro de un equipo y/o en colaboración con otros investigadores.

CE5: Elaborar los datos de laboratorio y presentar los resultados de forma lógica y funcional.

CE6: 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 tema en cuestión.

CE7: Elaborar un informe 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.

CE8: Presentar públicamente ideas, procedimientos o informes de investigación sobre Microbiología, para asesorar a personas y a organizaciones.

OBJETIVOS O RESULTADOS DE APRENDIZAJE (SEGÚN LA MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL TÍTULO)

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.

BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN LA MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL TÍTULO)

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 pre-simbiótica en 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 adquisición de metales por MA. Consecuencias es biorremediación y biofortificación.



12. Interacción MA y rizobacterias para mejorar las propiedades físicas y biológicas del suelo.
13. Interacción MA y rizobacterias para mejorar la nutrición de las plantas.
14. Biotecnología de la MA. Producción de inoculantes.
15. Aplicación de las AM y rizobacterias en agroecología y recuperación de espacios degradados.

TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

TEMARIO 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 adquisición de metales por MA. Consecuencias es biorremediación y biofortificación.
12. Interacción MA y rizobacterias para mejorar las propiedades físicas y biológicas del suelo.
13. Interacción MA y rizobacterias para mejorar la nutrición de las plantas.
14. Biotecnología de la MA. Producción de inoculantes.
15. Aplicación de las AM y rizobacterias en agroecología y recuperación de espacios degradados.
16. Importancia ecológica y evolutiva de las interacciones bióticas. Redes de interacción.

TEMARIO PRÁCTICO:

- Cultivo, cuantificación e inoculación de organismos patógenos y agentes de control biológico.
- Bioensayos de patogenicidad, evaluación de la enfermedad y del grado de resistencia de la planta.
- Aislamiento, reconocimiento y cuantificación de esporas de hongos MA.
- Tinción de raíces y reconocimiento de estructuras características de micorrizas arbusculares.

PRÁCTICAS DE LABORATORIO:



- Inoculación de patógenos y agentes de biocontrol.
- Cuantificación de esporas de hongos patógenos/beneficiosos.
- Bioensayos de patogenicidad en hoja. Evaluación de la enfermedad.
- Aislamiento y tinción de raíces para detectar micorrización.
- Reconocimiento de estructuras micorrícicas y cuantificación de la micorrización.
- Aislamiento de esporas de hongos micorrícicos del suelo.
- Reconocimiento de esporas de hongos micorrícicos y cuantificación.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- 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.
- Selosse MA, Bessis A, Pozo MJ** (2014). Microbial priming of plant and animal immunity: symbionts as developmental signals. *Trends in Microbiology* 22(11): 607-613.
- 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:

- 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 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 (OPCIONAL)

<https://www.eez.csic.es/es/micorrizas>
<https://www.eez.csic.es/mycorrhizasandbioticstresslab>
<http://mycorrhizas.info/index.html>
<https://www.cost-camo.eu/>
<https://www.youtube.com/watch?v=mIX-iWUKyaA>

METODOLOGÍA DOCENTE

- Lección magistral/expositiva.
- Sesiones de discusión y debate.
- Resolución de problemas y estudio de casos prácticos.
- Seminarios.
- Análisis de fuentes y documentos.
- Realización de trabajos individuales.
- Prácticas de laboratorio.

EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)

CONVOCATORIA 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%

CONVOCATORIA 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%

DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS QUE FORMARÁN PARTE DE LA EVALUACIÓN ÚNICA FINAL ESTABLECIDA EN LA *NORMATIVA DE EVALUACIÓN Y DE CALIFICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA*

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%

ESCENARIO A (ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PRESENCIAL Y NO PRESENCIAL)

ATENCIÓN TUTORIAL

HORARIO (Según lo establecido en el POD)	HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL (Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)
<ul style="list-style-type: none">• Contactar con los profesores.	<ul style="list-style-type: none">• E-mail institucional.• Plataforma PRADO.• Aulas virtuales en Google meet.

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE

- La docencia teórica será virtual mediante las herramientas previstas a tal efecto.
- Se llevarán a cabo las siguientes medidas complementarias para facilitar la comprensión y el aprendizaje de los alumnos:
 - Entrega a los alumnos de las diapositivas con el contenido teórico.
 - Disponibilidad de enlaces URL relacionados con el temario de la asignatura
 - Entrega de documentos explicativos adicionales a las diapositivas si fuera necesario para facilitar el entendimiento de lo explicado.
 - Puesta a disposición del alumnado de bibliografía relacionada con el contenido de los temas a impartir.
 - Discusión para orientación y consultas de los temas de la asignatura.
- La docencia práctica será presencial manteniendo los criterios de seguridad que establezcan las autoridades sanitarias.

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)

Convocatoria Ordinaria

- Realización pruebas teóricas a través de la aplicación "Cuestionario" de la plataforma PRADO que reflejarán el aprovechamiento y la comprensión de los contenidos (50%).
- Asistencia a clase y participación en sesiones de discusión (20%).



<ul style="list-style-type: none"> Realización de seminarios y exposición mediante Google meet (30%). 	
Convocatoria Extraordinaria	
<ul style="list-style-type: none"> Examen de conocimientos teóricos y prácticos 100% 	
Evaluación Única Final	
<ul style="list-style-type: none"> Examen de conocimientos teóricos y prácticos 100% 	
ESCENARIO B (SUSPENSIÓN DE LA ACTIVIDAD PRESENCIAL)	
ATENCIÓN TUTORIAL	
HORARIO (Según lo establecido en el POD)	HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL (Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)
Contactar con los profesores	<ul style="list-style-type: none"> E-mail institucional. Plataforma PRADO. Aulas virtuales en Google meet
MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE	
<ul style="list-style-type: none"> Entrega a los alumnos de las diapositivas con el contenido teórico. Disponibilidad en la plataforma PRADO de contenidos relacionados con el temario teórico: Enlaces URL relacionados con el temario de la asignatura Documentos explicativos adicionales a las diapositivas que faciliten el entendimiento de aquellas partes de la materia que puedan presentar algún grado de dificultad para el alumno. Foros de discusión para orientación y consultas de los temas de la asignatura. Realización de clases virtuales síncronas a través de Google meet para la exposición de partes concretas del temario teórico. Elaboración de una presentación con los contenidos prácticos de cada unidad temática a partir de un manual de laboratorio en el que se describan los procedimientos experimentales asociados a cada práctica. Puesta a disposición del alumnado en PRADO bibliografía relacionada con el contenido de los temas a impartir. 	
MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)	
Convocatoria Ordinaria	
<ul style="list-style-type: none"> Realización pruebas teóricas a través de la aplicación "Cuestionario" de la plataforma PRADO que reflejarán el aprovechamiento y la comprensión de los contenidos (50%). Participación en sesiones de discusión (20%). Realización de seminarios y exposición mediante Google meet (30%). 	
Convocatoria Extraordinaria	
<ul style="list-style-type: none"> Examen de conocimientos teóricos y prácticos 100% 	
Evaluación Única Final	
<ul style="list-style-type: none"> Examen de conocimientos teóricos y prácticos 100% 	

