

Guía docente de la asignatura

**Simbiosis Beneficiosas en  
Agroecología (M48/56/2/12)**Fecha de aprobación por la Comisión  
Académica: 12/07/2022**Máster**

Máster Universitario en Avances en Biología Agraria y Acuicultura

**MÓDULO**

Módulo de Producción Agraria

**RAMA**

Ciencias

**CENTRO RESPONSABLE  
DEL TÍTULO**

Escuela Internacional de Posgrado

**Semestre**

Segundo

**Créditos**

6

**Tipo**

Optativa

**Tipo de  
enseñanza**

Presencial

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

Esta materia se centrará en las simbiosis vegetales constituidas por las micorrizas arbusculares, simbiosis mutualista que se establece entre la mayoría de las especies de plantas y hongos del suelo, y la simbiosis formada por bacterias del género *Rhizobium* y plantas leguminosas. Se abordan también las simbiosis formadas por un actinomiceto (*Frankia*) y plantas (no leguminosas) pertenecientes a Angiospermas. Se presentarán aspectos ecológicos, fisiológicos, bioquímicos y moleculares de estas asociaciones, su implicación sobre diferentes aspectos de la fisiología de la planta, los efectos que ejercen sobre la respuesta de la planta a diversas condiciones adversas y las aplicaciones biotecnológicas de dichas asociaciones en agricultura. Además, se tratarán las interacciones de estas dos simbiosis con bacterias del suelo promotoras del crecimiento vegetal en relación con la absorción de nutrientes y con la adaptación de la planta a condiciones adversas.

**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 GENERALES

- CG01 - Que los estudiantes sean capaces de elaborar adecuadamente y con cierta originalidad composiciones escritas o argumentos motivados, de redactar planes, proyectos de trabajo o artículos científicos o de formular hipótesis razonables.
- CG02 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo autodirigido o autónomo

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Que los estudiantes sean capaces de abordar problemas de forma científica, desde una perspectiva multidisciplinar, formulando hipótesis y objetivos pertinentes para su resolución, así como extraer conclusiones fundadas que sean de aplicación en el ámbito de la Agricultura, la Ganadería y la Acuicultura
- CE02 - Que los estudiantes sepan aplicar las técnicas de investigación, tanto metodológicas como tecnológicas, en el área de estudio y redactar correctamente un trabajo científico
- CE06 - Que los estudiantes sean capaces de aplicar los conocimientos adquiridos al diseño, ejecución y defensa de un proyecto de investigación dentro de alguna de las líneas ofertadas en el Máster

### COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Que el estudiante sea consciente de la importancia del desarrollo sostenible y demostrar sensibilidad medioambiental
- CT02 - Que el estudiante comprenda y aplique el liderazgo y posea creatividad, rigor intelectual, independencia e iniciativa personal y profesional para proponer y emprender proyectos.
- CT03 - Que el estudiante demuestre que sabe reflexionar a partir de la integración de aprendizaje en diferentes áreas para saber abordar situaciones complejas de manera global

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

El alumno sabrá/comprenderá:



- RA1. Los conceptos básicos y últimos avances en ecología, bioquímica, biotecnología, genética y biología molecular de las simbiosis vegetales, así como sus aplicaciones en agricultura y protección del medio ambiente.
- RA2. Las simbiosis mutualistas implantadas en diversos hábitats y vinculadas con el desarrollo de cultivos de interés agronómico y ecológico.
- RA3. El impacto de las micorrizas y microorganismos rizosféricos, en la evolución, desarrollo y productividad de las plantas.
- RA4. Los efectos beneficiosos y medioambientales de las simbiosis vegetales y su transferencia al desarrollo sostenible.

El alumno será capaz de:

- RA5. Explicar el significado de las simbiosis vegetales, con especial referencia a las micorrizas arbusculares, Rhizobium, Frankia y las bacterias promotoras del crecimiento vegetal en agroecología, con referencia a sistemas agrícolas y ecosistemas naturales y de saber aplicar los microorganismos en beneficio de un desarrollo sostenible de los sistemas suelo-planta.
- RA6. Analizar los aspectos científicos actuales en los que se desarrolla la investigación sobre los diferentes tipos de simbiosis que forman las plantas. También serán capaces de elaborar trabajos bibliográficos, de exponer trabajos científicos utilizando medios audiovisuales, participar en debates científicos y conectar y conocer a profesores de otras Universidades vinculados con la base de esta materia.

## PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

### TEÓRICO

- Unidad temática 1: Simbiosis Rhizobium-leguminos
  1. Importancia del nitrógeno en la agricultura: alteraciones del ciclo del nitrógeno.
  2. Estrategias para la mejora de la eficiencia del uso del nitrógeno en agricultura.
  3. Simbiosis Rhizobium-leguminosa: proceso de nodulación.
  4. Fijación de nitrógeno en vida libre. Aplicaciones en agricultura.
  5. Bioquímica y fisiología de la fijación del nitrógeno: nitrogenasa.
  6. Aplicaciones biotecnológicas de la fijación biológica del nitrógeno.
  7. Mejoras en el manejo del nitrógeno en la agricultura.
- Unidad temática 2: Micorrizas
  1. Concepto y tipos de micorrizas
  2. Formación y estructura de las micorrizas arbusculares (MA)
  3. Fisiología de las MA
  4. Mecanismos implicados en el transporte de nutrientes
  5. MA y Protección frente a patógenos
  6. Protección por MA frente a metales pesados
  7. Protección por MA frente a estreses osmóticos
  8. Ecología de MA y hongos MA
  9. Interacciones de las MA con microorganismos del suelo
  10. Aplicaciones biotecnológicas de las MA



**PRÁCTICO**

- Observación y diferenciación de los diferentes tipos de nódulos radicales de leguminosas
- Aislamiento de bacteroides para cultivo en placa y observación al microscopio
- Tinción y reconocimiento de micorrizas arbusculares
- Aislamiento de esporas de hongos MA
- Cultivo in vitro de hongos micorrícicos

**BIBLIOGRAFÍA****BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL**

- Amanda Rosier, Flávio H. V. Medeiros, Harsh P. Bais. **2018**. Defining plant growth promoting rhizobacteria molecular and biochemical networks in beneficial plant-microbe interactions. *Plant and Soil* 428:35–55
- Azcón-Aguilar, C., Barea, J. M. **2015**. Nutrient cycling in the mycorrhizosphere. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 15: 372–396.
- Barea JM, Pozo MJ, López-Raez JA, Aroca R, Ruiz-Lozano JM, Ferrol n, Azcón R, Azcón-Aguilar C. **2013**. Arbuscular mycorrhizas and their significance in promoting soil-plant system sustainability against environmental stresses. En: *Beneficial Plant-Microbial Interactions*, Belén Rodelas & Jesús González-López, eds, pp: 353–387. CRC Press, Taylor & Francis Group
- Buhian WP and Bensmihen S. **2018**. Mini-Review: Nod Factor Regulation of Phytohormone Signaling and Homeostasis During Rhizobia-Legume Symbiosis. *Front. Plant Sci.* 9:1247. doi: 10.3389/fpls.2018.01247
- Harpentier M and Oldroyd G. **2010**. How close are we to nitrogen-fixing cereals? *Current Opinion in Plant Biology*, 13:556–564.
- Correa A, Cruz C, Ferrol N. **2015**. Nitrogen and carbon/nitrogen dynamics in arbuscular mycorrhiza: the great unknown. *Mycorrhiza* 25: 499–515.
- Erisman, J.W.; J.N. Galloway; N.B. Dise; M.A. Sutton; A. Bleeker; B. Grizzetti; A.M. Leach & W. de Vries. **2015**. Nitrogen: too much of a vital resource. *Science Brief*. WWF Netherlands, Zeist, The Netherlands.
- Ferrol N, Azcón-Aguilar C, Perez-Tienda J. **2019**. Arbuscular mycorrhizas as key players in sustainable plant phosphorus acquisition: An overview on the mechanisms involved. *Plant Science*.441-447 ☒:280
- Ferrol N, Lanfranco L (eds.) **2020**. *Methods in Molecular Biology*, vol. 2146, Arbuscular mycorrhizal fungi: methods and protocols, Springer Nature.
- Ferrol N, Tamayo E, Vargas P. **2016**. The heavy metal paradox in arbuscular mycorrhizas: from mechanisms to biotechnological applications. *Journal of Experimental Botany* 67: 6253–6265
- Lluch C, Iribarne C, Palma F, López M, Tejera N. **2011** Integración de las hormonas vegetales en el establecimiento de la simbiosis *Rhizobium leguminosa* En: *Fundamentos y Aplicaciones Agroambientales de las Interacciones Beneficiosas Planta-Microorganismo* (eds) Megias M, Rivilla R, Soto MJ, Delgado MJ, Gonzalez E, Leon M Ed: Sociedad Española de Fijación de Nitrógeno (SEFIN) 125–140
- Martin F. M. et al. **2017**. Ancestral alliances: Plant mutualistic symbioses with fungi and bacteria. *Science* 356, DOI: 10.1126/science.aad4501.
- Nagata M, Suzuki A. **2014**. Effects of phytohormones on nodulation and nitrogen fixation in leguminous plant. En: *Advances in Biology and Ecology of Nitrogen Fixation*. INTECH Open Science. Ed Takuji Ohyama, ISBN 978-953-51-1216-7
- Pozo, M.J., López-Raez, J.A., Azcón-Aguilar, C., García-Garrido, J.M. **2015**. Phytohormones as integrators of environmental signals in the regulation of mycorrhizal



- symbioses. *New Phytologist* 205: 1431–1436
- Quiroga G, Erice G, Ding L, Chaumont F, Aroca R, Ruiz-Lozano JM. 2019. The arbuscular mycorrhizal symbiosis regulates aquaporins activity and improves root cell water permeability in maize plants subjected to water stress. *Plant, Cell and Environment* 42: 2274–2290. DOI: 10.1111/pce.13551.
  - Santander, C., Aroca, R., Ruiz-Lozano, J.M., Olave, J., Cartes, P., Borie, F., Cornejo, P. 2017. Arbuscular mycorrhiza effects on plant performance under osmotic stress. *Mycorrhiza* 27: 639–657
  - Valerie Hocher, Mariama Ngom, Alyssa Carre-Mlouka, Pierre Tisseyre, Hassen Gherbi, Sergio Svistoonoff. 2019. Signalling in actinorhizal root nodule symbioses. *Antonie van Leeuwenhoek* 112:23–29

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Cannon SB. 2013 The model legume genomes. In: *Legume genomics: methods and protocols*. Methods in Molecular Biology. Ray J. Rose (ed), pp: 1–14
- Ibor P., Molina S., Núñez R., Zamarreño A.M., García-Mina J.M., Ruiz-Lozano JM., Orozco-Mosqueda MC, Glick BR, Aroca R. 2017. Tomato ethylene sensitivity determines interaction with plant growth-promoting bacteria. *Annals of Botany* 120: 101–122.
- Kondorosi E, Mergaert P, Kereszt A. 2013. A paradigm for endosymbiotic life: cell differentiation of rhizobium bacteria provoked by host plant factors. *Annual Review of Microbiology*, 67: 611–628
- López-Gómez M, Palma F, Lluch C. 2013 Strategies of salt tolerance in the Rhizobia-legume symbiosis En: *Beneficial Plant-microbial Interactions: Ecology and Applications*, (eds) Rodelas MB, González-López J. CRC Press 99–121 ISBN 978-14-665-8717-5
- Ruíz-Lozano, J.M., Aroca, R. 2017. Plant aquaporins and mycorrhizae. Their regulation and involvement in plant physiology and performance. En: *Plant Aquaporins: From Transport to Signalling (Signalling and Communication in Plants Series)* Eds. Chaumont F., Tyerman S. Springer, Switzerland, pp.333–35. ISBN: 978-3-319-49393-0.

## ENLACES RECOMENDADOS

- <https://www.ensa.ac.uk/symbiosis/>
- <https://www.eez.csic.es/es/micorrizas>
- <http://mycorrhizas.info/index.html>
- <http://www.ugr.es/~mastermicrobiologia/>
- <http://www.nutrientstewardship.org/>
- [www.initrogen.org](http://www.initrogen.org)
- <http://www.ugr.es/~fijanitro/es/>

## METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Lección magistral/expositiva
- MD02 Sesiones de discusión y debate
- MD03 Resolución de problemas y estudio de casos prácticos y Prácticas de laboratorio
- MD04 Seminarios
- MD05 Análisis de fuentes y documentos
- MD06 Realización de trabajos individuales o en grupo



## 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 a quienes se le haya reconocido el derecho a la evaluación única final.

#### Evaluación de la Unidad Temática 1:

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

#### Evaluación de la Unidad Temática 2:

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

La calificación final será una combinación ponderada de las calificaciones obtenidas en las dos unidades temáticas.

### 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%

