

**Fitorremediación y protección de cultivos**  
(Phytoremediation and crop protection)

Curso 2020-2021

(Fecha última actualización: 15/07/2020)

(Fecha de aprobación en Comisión Académica del Máster: 20/07/2020)

SEMESTRE	CRÉDITOS	CARÁCTER	TIPO DE ENSEÑANZA	IDIOMA DE IMPARTICIÓN
2º	6	Optativa	Presencial / Semipresencial / Virtual	Español
<b>MÓDULO</b>		PRODUCCIÓN AGRARIA		
<b>MATERIA</b>		Fitorremediación y protección de cultivos Phytoremediation and crop protection		
<b>CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO</b>		Escuela Internacional de Posgrado		
<b>MÁSTER EN EL QUE SE IMPARTE</b>		Máster Universitario en Avances en Biología Agraria y Acuicultura		
<b>CENTRO EN EL QUE SE IMPARTE LA DOCENCIA</b>		Facultad de Ciencias / Estación Experimental del Zaidin		
<b>PROFESORES<sup>(1)</sup></b>				
Francisco José Martín Peinado				
<b>DIRECCIÓN</b>	Dpto. de Edafología y Química Agrícola, Facultad de Ciencias, Univ. Granada (fjmartin@ugr.es)			
<b>TUTORÍAS</b>	<a href="http://www.ugr.es/~edafolo/profesorado.php">http://www.ugr.es/~edafolo/profesorado.php</a>			
Emilia Fernández Ondoño				
<b>DIRECCIÓN</b>	Dpto. de Edafología y Química Agrícola, Facultad de Ciencias, Univ. Granada (efernand@ugr.es)			
<b>TUTORÍAS</b>	<a href="http://www.ugr.es/~edafolo/profesorado.php">http://www.ugr.es/~edafolo/profesorado.php</a>			
María José Pozo Jiménez				
<b>DIRECCIÓN</b>	Dpto. de Microbiología del Suelo y Sistemas Simbióticos, Estación Experimental del Zaidín (CSIC) Correo electrónico: mariajose.pozo@eez.csic.es			
<b>TUTORÍAS</b>	Lunes y miércoles 11:00-13:00			

<sup>1</sup> 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/))

Juan Antonio López Ráez

**DIRECCIÓN**

Dpto. de Microbiología del Suelo y Sistemas Simbióticos, Estación Experimental del Zaidín (CSIC)  
Correo electrónico: [juan.lopezraez@eez.csic.es](mailto:juan.lopezraez@eez.csic.es)

**TUTORÍAS**

Lunes y miércoles 11:00-13:00

**COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS**

**COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES Y ESPECÍFICAS**

CG1. 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.

CG2. Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo autodirigido o autónomo.

CE1. 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.

CE2. Que los estudiantes sepan aplicar las técnicas de investigación, tanto metodológicas como tecnológicas, en el área de estudio y redactar correctamente un trabajo científico.

CE6. 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.

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

***El alumno sabrá/comprenderá:***

RA1. Sabrán diagnosticar y solucionar problemas ambientales de contaminación mediante la utilización de plantas y sus mecanismos de descontaminación en suelos agrícolas.

RA2. Serán capaces de evaluar el impacto ambiental de la aplicación de un programa de fitorremediación.

RA3. Conocerán las bases moleculares de la interacción de plantas con microorganismos beneficiosos, perjudiciales y con plantas parásitas, así como las técnicas y herramientas para su análisis.

RA4. Aprenderán las herramientas para diagnosticar problemas de infección por patógenos y parásitos en cultivos, y estrategias para estimular el sistema inmune de la planta.

RA5. Conocerán los mecanismos de control biológico de patógenos por microorganismos beneficiosos del suelo, su importancia y aplicaciones agrobiotecnológicas en el contexto de agricultura sostenible.

RA6. Serán capaces de desarrollar la capacidad de análisis crítico mediante la discusión de artículos relevantes en el tema y de las presentaciones de temas asignados.

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

En esta materia se abordará el uso de plantas en la eliminación de contaminantes, tanto inorgánicos como orgánicos, principalmente en suelos degradados por actividades mineras o por agricultura intensiva, haciendo énfasis en los siguientes aspectos: la relación planta-contaminante, las relaciones químicas y bioquímicas del contaminante con el suelo y con la planta y las distintas fitotecnologías de descontaminación o procesos de descontaminación por parte de las plantas. Por otra parte, se abordarán los mecanismos que regulan la interacción de las plantas con organismos perjudiciales, causantes de daños y pérdidas en los cultivos, y con microorganismos beneficiosos del suelo. Los microorganismos beneficiosos mejoran la salud de la planta protegiéndola de múltiples estreses, incluyendo la contaminación por metales pesados, y estimulando su sistema inmune frente a la infección por patógenos, plagas y plantas parásitas. En esta materia se hará una revisión de las señales químicas importantes para el establecimiento de interacciones beneficiosas planta-microorganismo y planta-planta parásita, de los mecanismos de defensa vegetales y de las posibles estrategias biotecnológicas para estimularlos, con especial énfasis en el uso de microorganismos beneficiosos para el control de patógenos y plagas.



## TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

### TEMARIO TEÓRICO:

#### Unidad temática 1.- Fitorremediación

Tema 1.- Aspectos generales de la degradación y contaminación de suelos. Principales tipos de contaminantes orgánicos e inorgánicos. Declaración de suelo contaminado

Tema 2.- Comportamiento de los contaminantes en el suelo. Bioensayos de toxicidad. Movilidad y biodisponibilidad de los contaminantes en relación a la vegetación.

Tema 3.- Relaciones suelo-planta. Mecanismos de adaptación, plantas bioindicadoras e hiperacumuladoras.

Tema 4.- Aspectos generales de la Fitorremediación: Definición, tecnologías, características, ventajas y desventajas, aplicabilidad.

Tema 5.- Estudio de casos de Fitorremediación de suelos afectados por contaminantes orgánicos.

Tema 6.- Estudio de casos de Fitorremediación de suelos afectados por elementos traza. El Corredor Verde del Guadamar.

#### Unidad temática 2.- Protección de cultivos

Tema 7.- Patógenos vegetales: problemática en agricultura

Tema 8.- Aspectos generales de la interacción planta-organismos perjudiciales

Tema 9.- Aspectos generales de la interacción planta-organismos beneficiosos

Tema 10.- Mecanismos de defensa de las plantas.

Tema 11.- Sistema inmune de las plantas: *cross-talk* hormonal

Tema 12.- Comunicación planta-(micro)organismo.

Tema 13.- Estrategias biotecnológicas para el biocontrol de microorganismos patógenos y plagas

### TEMARIO PRÁCTICO:

Seminarios sobre recuperación de suelos realizados y defendidos por los alumnos a propuesta de los profesores

### PRÁCTICAS DE LABORATORIO:

Práctica 1. Medida de elementos totales en suelo contaminados

Práctica 2. Fitotoxicidad con experiencias de germinación

Práctica 3. Aislamiento y cuantificación de esporas de *Botrytis cinérea* y bioensayo de patogenicidad en hojas de tomate

### PRÁCTICAS DE CAMPO:

Práctica 1. Visita a zonas contaminadas y remediadas.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- Barea JM, Pozo MJ, Azcón R, Azcón-Aguilar C **2005**. Microbial co-operation in the rhizosphere. *Journal of Experimental Botany* 56: 1761-1778.

- Barea JM, Pozo MJ, Azcón-Aguilar C (2016) Significado y aplicación de las micorrizas en Agricultura. *Agricultura*, octubre **2016**, pp 746-751.

- Birch AN, Begg GS, Squire GR 2011. How agro-ecological research helps to address food security issues under new IPM and pesticide reduction policies for global crop production systems. *Journal of Experimental Botany* 62: 3251-3261.

- Boyd RS **2004**. Ecology of metal hyperaccumulation. *New Phytologist* 162: 563-567.

- Cobbett CH, Goldsbrough P **2002**. Phytochelatins and metallothioneins: roles in heavy metal detoxification and homeostasis. *Annual Review of Plant Biology* 53: 159-182.

-Fernandez-Ondoño, E., Bacchetta, G., Lallena-Rojo, A- M., Navarro-Reyes, F.B., Jimenez-Morales, M. N., **2017**. Use of BCR sequential extraction procedures for soils and plant metal transfer predictions in contaminated mine tailings in Sardinia. *Journal of Geochemical Exploration*.172:133-141.



- Garbisu C, Alkorta I **2001**. Phytoextraction: a cost-effective plant-based technology for the removal of metals from the environment. *Bioresource Technology* 77: 229-236
- Garbisu C, Alkorta I **2001**. Phytoremediation of organic contaminants in soils. *Bioresource Technology* 79: 273-276.
- García-Carmona M., García-Robles H., Turpín Torrano C., Fernández Ondoño E., Lorite Moreno J. M. Sierra Aragón a, F.J. Martín Peinado **2019**. Residual pollution and vegetation distribution in amended soils 20 years after a pyrite mine tailings spill (Aznalcóllar, Spain). *Science of the Total Environment* 650: 933–940.
- Jimenez-Morales, M. N., Mauro,C., Bacchetta, G., Navarro-Reyes, F.B. Lallena-Rojo, A- M., Fernandez-Ondoño, E., **2011**. Potencial use in phytoremediation of three plant species growing on contaminated mine-tailing soils in sardinia. *Ecological engineering*, 37: 392-398
- Kabata-Pendias A **2011**. Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press Taylor & Francis Group.
- Khan FI, Husain T, Hejazi R **2004**. An overview and analysis of site remediation *Journal of Environmental Management* 71: 95-122.
- Kothe E, Varma A (eds.) **2012**. Bio-Geo Interactions in Metal-Contaminated Soils. Springer-Verlag.
- Martín Peinado FJ, Romero Freire A, García Fernández I, Sierra Aragón M, Ortiz Bernad I, Simón Torres M **2015**. Long-term contamination in a recovered area affected by a mining spill. *Science of the Total Environment* 514: 219–223
- López-Ráez JA, Shirasu K, Foo E. 2017. Strigolactones in plant interactions with beneficial and detrimental organisms: the yin and yang. *Trends in Plant Science* 22(6): 527-537
- Pozo MJ *et al.* **2020**. Three-way interactions between Plants, Microbes and Arthropods (PMA): Impacts, mechanisms and prospects for sustainable plant protection. *Teach. Tools Plant Biol. The Plant Cell*, Vol. 32: 1–11, July 2020, [www.plantcell.org/cgi/doi/10.1105/tpc.TTPB42](http://www.plantcell.org/cgi/doi/10.1105/tpc.TTPB42)
- 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(4):1431-1436
- Pozo MJ, Azcón-Aguilar C **2007**. Unravelling mycorrhiza-induced -resistance. *Current Opinion in Plant Biology* 10: 393-398.
- Raskin I, Ensley BD (eds.) **2000**. Phytoremediation of toxic metals. Using plants to clean up the environment. John Wiley & Sons, Inc.
- Yin X, Yuan L (eds.) **2012**. Phytoremediation and Biofortification. Two Sides of One Coin. SpringerBriefs in Green Chemistry for Sustainability.

#### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

**Revistas:** International Journal of Phytoremediation, Chemosphere, Journal of Environment Management, Plant and Soil, Environmental Research, Environmental and Experimental Botany, New Phytologist, Journal of Experimental Botany, Journal of Chemical Ecology

**Base de datos:** Web of Science, Scopus, Technologies.

#### ENLACES RECOMENDADOS (OPCIONAL)

[http://: www.brownfieldstsc.org](http://www.brownfieldstsc.org)  
[http://: www.epa.gov](http://www.epa.gov)  
[http://: www.clu-in.org](http://www.clu-in.org)  
[http://: www.ismpmi.org](http://www.ismpmi.org)  
[http://: www.edafologia.net](http://www.edafologia.net)  
<https://www.youtube.com/watch?v=mlX-iWUKyaA>  
<https://www.eez.csic.es/es/micorrizas>  
<https://www.eez.csic.es/mycorrhizasandbioticstresslab>  
<http://mycorrhizas.info/index.html>  
<https://www.cost-camo.eu/>

#### METODOLOGÍA DOCENTE

- Clases teóricas
- Sesiones de discusión y debate



- Resolución de problemas y estudio de casos prácticos.
- Prácticas de laboratorio: fitotoxicidad y suelos contaminados, e interacción microbiana y patogenicidad/protección
- Salida al campo
- Seminarios
- Análisis de fuentes y documentos

#### 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.

La evaluación se estructurará en los siguientes bloques:

1. Pruebas, ejercicios y problemas, resueltos en clase o individualmente a lo largo del curso: 50%
2. Valoración final de seminarios, informes y trabajos (individual o en grupo): 35 %
3. Asistencia y otras aportaciones del alumno en sesiones de discusión y actitud del alumno en las diferentes actividades desarrolladas: 15%

Para aprobar la asignatura el alumno tendrá que obtener una calificación mínima de 5 en cada uno de los bloques de evaluación.

##### 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.

Se realizará un examen teórico/práctico que se valorará con un 60/40% de la nota respectivamente.

#### 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 un examen teórico/práctico que se valorará con un 60/40% de la nota respectivamente.

### ESCENARIO A (ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PRESENCIAL Y NO PRESENCIAL)

#### ATENCIÓN TUTORIAL

#### HORARIO

#### HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL



(Según lo establecido en el POD)	(Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)
<ul style="list-style-type: none"> <li>Los horarios de tutorías pueden consultarse en los siguientes enlaces:</li> <li><a href="http://www.ugr.es/~edafolo/profesorado.php">http://www.ugr.es/~edafolo/profesorado.php</a></li> <li>EEZ: Consultar con el profesor</li> </ul>	<p>En escenario semipresencial, salvo excepciones, se atenderán las tutorías por videoconferencia (Google Meet) o correo electrónico oficial. Las tutorías individuales tendrán lugar previa petición del estudiante. El profesor podrá proponer tutorías grupales, obligatorias u optativas, si lo estima oportuno como herramienta de retorno formativo en caso de que hubiera que impartir clases virtuales en modo asíncrono</p>
<b>MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>La proporción entre clases virtuales y presenciales dependería del centro y circunstancias sanitarias. En las clases virtuales se concentraría la enseñanza de índole teórica, en las presenciales se primaría la impartición de supuestos prácticos.</li> <li>Las clases virtuales se impartirán utilizando las plataformas Google Meet o las que dicte la UGR en su momento. Se primará la impartición síncrona, aunque las circunstancias sanitarias (enfermedad del profesor o familiar, conciliación familiar,...) podrían imponer un escenario asíncrono, en cuyo caso se grabarían las clases presenciales, que serían compartidas por Google drive y se complementarían con actuaciones de seguimiento y retorno formativo específicas para ese fin (tutorías, tareas, entregas,...)</li> <li>Las plataformas descritas (Prado, Google Meet, Consigna UGR, Google Drive a través de cuenta @go.ugr, correo institucional,...) son las actualmente autorizadas por la UGR. Podrían verse modificadas si las instrucciones de la UGR al respecto cambiasen durante el curso.</li> <li>Como medida adicional, se prestaría especial atención en facilitar material docente a los estudiantes a través de la plataforma Prado, Consigna UGR y/o Google Drive</li> </ul>	
<b>MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)</b>	
<b>Convocatoria Ordinaria</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>La evaluación se realizará a partir de Los trabajos presentados a partir de las tareas de las actividades teóricas y prácticas propuestas en prado</li> </ul>	
<b>Convocatoria Extraordinaria</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Examen final con preguntas teóricas (60%) y prácticas (40%) relativas a la materia impartida en clase. La prueba sería presencial. Si no fuese posible, se realizará como conjunto de entregas secuenciadas a través de Google Meet y la plataforma PRADO, siempre siguiendo las instrucciones que dicte la UGR al respecto.</li> </ul>	
<b>Evaluación Única Final</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>La evaluación consiste en:</li> <li>Una prueba escrita con cuestiones teóricas de la materia impartida (60% de la calificación final).</li> <li>Resolución de supuestos prácticos (40% de la calificación final).</li> <li>La prueba se realizará en modo presencial. Si no fuese posible, se llevaría a cabo como conjunto de entregas secuenciadas a través de la plataforma PRADO, Google Meet, siempre siguiendo las instrucciones que se dicten al respecto por la UGR.</li> </ul>	
<b>ESCENARIO B (SUSPENSIÓN DE LA ACTIVIDAD PRESENCIAL)</b>	
<b>ATENCIÓN TUTORIAL</b>	
<b>HORARIO</b> (Según lo establecido en el POD)	<b>HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL</b> (Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los horarios de tutorías pueden consultarse en los siguientes enlaces:</li> <li>• <a href="http://www.ugr.es/~edafolo/profesorado.php">http://www.ugr.es/~edafolo/profesorado.php</a></li> <li>• El horario de tutorías en la EEZ-CSIC serán los lunes y miércoles de 11:00-13:00.</li> </ul>	<p>En escenario B, se atenderán las tutorías por videoconferencia (Google Meet) o correo electrónico oficial. Las tutorías individuales tendrán lugar previa petición del estudiante. El profesor podrá proponer tutorías grupales, obligatorias u optativas, si lo estima oportuno como herramienta de retorno formativo en caso de que hubiera de impartir clases virtuales en modo asíncrono</p>
<b>MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas las clases serían virtuales. Se impartirán utilizando las plataformas Google Meet o las que dicte la UGR en su momento. Se primará la impartición síncrona, aunque las circunstancias sanitarias (enfermedad del profesor o familiar, conciliación familiar,...) podrían imponer un escenario asíncrono, en cuyo caso se grabarían las clases presenciales, que serían compartidas por Google drive y se complementarían con actuaciones de seguimiento y retorno formativo específicas para ese fin (tutorías, tareas, entregas,...)</li> <li>• Las plataformas descritas (Prado, Prado Examen, Google Meet, Google Drive a través de cuenta @go.ugr, correo institucional,...) son las actualmente autorizadas por la UGR. Podrían verse modificadas si las instrucciones de la UGR al respecto cambiasen durante el curso.</li> <li>• Como medida adicional, se prestaría especial atención en facilitar material docente a los estudiantes a través de la plataforma Prado, Consigna UGR y/o Google Drive.</li> </ul>	
<b>MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)</b>	
<b>Convocatoria Ordinaria</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La distribución de pruebas y tareas evaluables sería la misma que en escenario A, pero dichas pruebas de evaluación continua se llevarían a cabo como entregas secuenciadas de respuestas y soluciones de supuestos prácticos que se realizarán a través de la plataforma Prado Examen y Google Meet, siempre siguiendo las instrucciones que dictase la UGR en su momento.</li> </ul>	
<b>Convocatoria Extraordinaria</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La distribución de pruebas y tareas evaluables sería la misma que en escenario A, pero dichas pruebas de evaluación continua se llevarían a cabo como entregas secuenciadas de respuestas y soluciones de supuestos prácticos que se realizarán a través de la plataforma Prado Examen y Google Meet, siempre siguiendo las instrucciones que dictase la UGR en su momento</li> </ul>	
<b>Evaluación Única Final</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La evaluación consiste en:</li> <li>• Una prueba escrita con cuestiones teóricas de la materia impartida (60% de la calificación final).</li> <li>• Resolución de supuestos prácticos (40% de la calificación final).</li> <li>• La prueba se realizará en modo presencial. Si no fuese posible, se llevaría a cabo como conjunto de entregas secuenciadas a través de la plataforma PRADO, Google Meet, siempre siguiendo las instrucciones que se dicten al respecto por la UGR.</li> </ul>	