Guía docente de la asignatura

Interacciones de Metales Pesados con Microorganismos para Fines de Bioremediación (M46/56/1/75)

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	Segundo	**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)

- Metales pesados y medio ambiente.
- Diversidad microbiana en ambientes contaminados con metales pesados y las técnicas moleculares empleadas para su estudio.
- Mecanismos moleculares de interacción metal pesado-microorganismo.
- Estrategias de biorremediación microbiana de ambientes contaminados con metales pesados.

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): B7455CAF732675689042732421 57C080
06/05/2026 - 10:38
Pág. 1 de 7

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.

COMPETENCIAS

COMPETENCIAS BÁSICAS

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): B7455CAF732675689042732421 57C080
06/05/2026 - 10:38
Pág. 2 de 7

- 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)

- Las clases teóricas y prácticas de este curso permitirán a los alumnos adquirir conocimientos sobre la diversidad bacteriana en ambientes contaminados con los metales pesados.
- Además, los alumnos van a conocer los diferentes mecanismos de interacción de estos contaminantes tóxicos con las células microbianas y van a aprender a seleccionar los microorganismos altamente resistentes a los mismos. De esta manera van a ser capaces de aplicar los métodos microbiológicos en la biorremediación de ambientes contaminados con metales.

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): B7455CAF732675689042732421 57C080
06/05/2026 - 10:38
Pág. 3 de 7

- Además estarán capacitados para analizar e interpretar trabajos científicos sobre diversidad microbiana y en especial aquellos relacionados con el uso de microorganismos para resolver problemas medioambientales relacionados con la contaminación por metales pesados.
- Podrán adquirir una visión general de las interacciones de bacterias con metales pesados.

PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

TEÓRICO

- **Tema 1**. Biorremediación: aspectos generales (definición, desarrollo histórico, etc.).
- **Tema 2**. Biorremediación de ambientes contaminados por metales pesados: definición de metales pesados, clasificación, fuentes de metales pesados en el medio ambiente, diversidad y actividad microbiana en ambientes contaminados por metales pesados, mecanismos de interacción microbiana con metales pesados.
- **Tema 3**. Tecnologías microbianas de biorremediación de ambientes contaminados con uranio: biomineralización de uranio en ambientes aerobios, reducción enzimática en ambientes anaerobios.

PRÁCTICO

Los alumnos dispondrán de una guía de prácticas al comienzo del curso. El fundamento de las prácticas se explicará al comienzo de las mismas y el profesor realizará un ejemplo práctico de la misma como modelo a llevar a cabo por los alumnos. Las prácticas serán individuales y/o en grupos reducidos de forma que todos realicen las prácticas completas.

PRÁCTICAS DE LABORATORIO:

Práctica 1. Aislamiento e identificación de bacterias de ambientes contaminados con metales pesados.

Práctica 2. Caracterización bioquímica y fisiológica de las cepas bacterianas.

Práctica 3. Estudios de tolerancia bacteriana a determinados metales pesados:

a. Realización de un "screening" o rastreo, de las diferentes cepas aisladas en relación con su tolerancia a metales pesados mediante:

1. Determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) de metales pesados sobre el crecimiento de cepas bacterianas en medio sólido.
2. Estudio del efecto de los metales pesados sobre el crecimiento de algunas cepas bacterianas en medio liquido.

b. Estudiar los mecanismos de tolerancia de las cepas aisladas a los metales pesados:

1. La determinación del efecto del metal sobre la viabilidad celular usando técnicas de citometría de flujo.
2. Localización celular del metal acumulado usando técnicas de microscopia electrónica de alta resolución.

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): B7455CAF732675689042732421 57C080
06/05/2026 - 10:38
Pág. 4 de 7

Práctica 4. Prácticas en el Centro de Instrumentación Científica (CIC) de la Universidad de Granada (UGR) con tres sesiones:

a. Laboratorio de Preparación de Muestras Biológicas para la preparación de rejillas, inclusiones y cortes.

b. Unidad de microscopia electrónica de transmisión

c. Unidad de citometría de flujo.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- N., Glatzer, H., Nikaido. 2007. Microbial Biotechnology. Fundamentals of Applied Microbiology (2ª ed.) Cambridge University Press, New York.
- Lee Yuan Kun. 2004 Microbial Biotechnology. Principles and Applications World Scientific. New Jersey.
- R.M., Atlas, R., Bartha. 2001. Ecología microbiana y Microbiología ambiental (4ª ed.). Pearson Educación. Madrid. España .

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- D.L., Cologgi, et al., 2011. Extracellular reduction of uranium via Geobacter conductive pili as a protective cellular mechanism. PNAS, 108: 15248-15252.
- J.R., Lloyd, L.E., Macaskie, 2000. Bioremediation of radioactive metals. In "Environmental Microbe-Metal Interactions" (Ed. D.R. Lovley) ASM Press.
- J.R., Lloyd, D.R., Lovley, 2001. Microbial detoxification of heavy metals and radionuclides. Current Opinion in Biotechnology, 12: 248.
- J.R., Lloyd., L.E., Macaskie, 2002. The biochemical basis of radionuclide-microbe interactions. In "Microbiology and Radioactivity" (Ed. F. R. Livens and M. Keith-Roach), Elsevier.
- Mahadevan, et al., 2011. In situ to in silico and back: elucidating the physiology and ecology of Geobacter spp. using genome-scale modeling. Nature Reviews Microbiology, 9: 39-50.
- M.L., Merroun., S. Selenska-Pobell, 2008. Bacterial interactions with uranium: and environmental perspective. Journal of Contaminant Hydrology 102: 285-295.
- R.M., Maier, et al., 2009. Environmental Microbiology. 2ª ed. Academic Press, San Diego. CA.
- I., Sánchez-Castro, Amador-García, A., Moreno-Romero, C., López-Fernández, M., Phrommavanh, V., Nos, J., Descostes, M., Merroun, M.L. (2017) Screening of bacterial strains isolated from uranium mill tailings porewaters for bioremediation purposes. Journal of environmental radioactivity. 160: 130-141.
- Sánchez-Castro, I., Gianinazzi-Pearson, V., Cleyet-Marel, J.C., Baudoin, E., van Tuinen, D. (2017) Glomeromycota communities survive extreme levels of metal toxicity in an orphan mining site. Science of the Total Environment. 598: 121-28.
- Povedano-Priego, C., Martín-Sánchez, I., Jroundi, F., Sánchez-Castro, I., Merroun, M.L. (2017) Fungal biomineralization of lead phosphates on the surface of lead metal. Minerals Engineering. 106: 46–54.

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 - 10:38
Código seguro de verificación (CSV): B7455CAF732675689042732421 57C080 Pág. 5 de 7

- Verma, S., Kuila, A. (2019) Bioremediation of heavy metals by microbial process. Environmental Technology & Innovation 14: 100369
- Huang, H., Jia, Q., Jing, W., Dahms, H.-U., Wang, L. (2020) Screening strains for microbial biosorption technology of cadmium. Chemosphere 251: 126428

ENLACES RECOMENDADOS

- Biblioteca de la Universidad de Granada (acceso a revistas electrónicas): http://biblioteca.ugr.es/
- Sociedad Española de Microbiología (SEM): http://www.semicrobiologia.org/
- Science On-Line: http://www.sciencemag.org
- Nature On-Line: http://www.nature.com
- PubMed: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=PubMed
- Medline: http://medlineplus.nlm.nih.gov/medlineplus/

METODOLOGÍA DOCENTE

- 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.

Se propone un sistema de evaluación en el que se valorará: Asistencia a las actividades del curso. Seguimiento del trabajo desarrollado por los alumnos en el laboratorio y de los resultados obtenidos.

Valoración del informe de las prácticas realizadas

1. Asistencia a las clases. 10%

2. Seminarios impartidos por los alumnos. 20%

3. Seguimiento del trabajo desarrollado por los alumnos en el laboratorio y puesta en común de los resultados obtenidos. 40%

4. Elaboración de una memoria pormenorizada de las actividades desarrolladas. 30%

EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

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 - 10:38
Código seguro de verificación (CSV): B7455CAF732675689042732421 57C080 Pág. 6 de 7

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.

Esta evaluación constará de dos exámenes,

-Teórico, del contenido total del programa teórico (50% de la calificación total)

-Teórico-práctica del contenido de las prácticas de laboratorio (50% de la calificación total)

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, 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.

Esta evaluación única final, constará de dos exámenes:

- Teórico, del contenido total del programa teórico (50% de la calificación total)
- Teórico-práctica del contenido de las prácticas de laboratorio (50% de la calificación total)

INFORMACIÓN ADICIONAL

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): B7455CAF732675689042732421 57C080
06/05/2026 - 10:38
Pág. 7 de 7