Guía docente de la asignatura

# Metagenómica y Genómica de Rizobacterias (M46/56/1/73)

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.

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

El desarrollo de la agricultura actual pasa por compatibilizar parámetros clásicos de producción y rentabilidad, con otros nuevos de sostenibilidad y respeto al medio ambiente. Para conseguir estos objetivos se puede trabajar tanto sobre el cultivo (la planta) como sobre los microorganismos que interaccionan con el mismo y que contribuyen a la fertilidad del suelo. Estos objetivos son los que trata de desarrollar el curso propuesto. La primera parte de éste se dedicará al estudio de las nuevas metodologías moleculares disponibles para evaluar la diversidad de los microorganismos presentes en la rizosfera de plantas con interés agroforestal y analizar su función en el ecosistema. Para ello se dedicarán una serie de clases teóricas para centrar a los alumnos del curso en el concepto de Agricultura y Silvicultura como interacción de las plantas con los microorganismos rizosféricos; la descripción de las actividades de estos últimos, centrándonos en los beneficiosos (PGPR, producción de hormonas, vitaminas, fijación de nitrógeno, biocontrol, ...); y por tanto la necesidad de caracterizar la microflora presente en la rizosfera del cultivo de interés. Además de las posibles rutas metabólicas, actividades enzimáticas, o procesos con aplicación biotecnológica. Desde un punto de vista práctico, esta caracterización se puede realizar por métodos moleculares como el análisis de huella genética (fingerprint), la amplificación y determinación de su adscripción filogenética mediante el uso del gen 16S rRNA o más recientes como el análisis de metagenomas de suelos o la secuenciación



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): C6A7C3D71971D67D88B3F2B6777C21B4
06/05/2026 - 10:38
Pág. 1 de 7

masiva mediante distintas técnicas del ADN ambiental, lo que nos abre las puertas a la aplicación de las tecnologías "ómicas". En la segunda parte del curso se abordarán diversos aspectos de la genómica estructural y funcional de las bacterias que establecen simbiosis fijadoras de nitrógeno con las plantas leguminosas, con particular referencia a Sinorhizobium meliloti como modelo experimental. Se pondrá especial énfasis en la descripción de la diversidad de funciones biológicas de los RNAs no codificantes (ribozimas del grupo II y sRNAs) y de su potencial biotecnológico. Se incluirá su papel en los reordenamientos genómicos y como agentes de evolución bacteriana, o reguladores de la expresión génica (sRNAs).

## 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

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): C6A7C3D71971D67D88B3F2B6777C21B4
06/05/2026 - 10:38
Pág. 2 de 7

investigación.
- 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.

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): C6A7C3D71971D67D88B3F2B6777C21B4
06/05/2026 - 10:38
Pág. 3 de 7

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

El alumno comprenderá, tanto desde un punto de vista teórico como práctico, cuáles son las técnicas moleculares (metagenómica, genómica funcional y estructural) de elección para el estudio de los genomas de rizobacterias y de las comunidades bacterianas asociadas a plantas de interés agroforestal.

El alumno será capaz de aplicar el conjunto de esta información genética del suelo, entendido como una fuente de recursos biotecnológicos, y a los genomas bacterianos para proceder a la selección de nuevos compuestos, enzimas o rutas metabólicas de interés. Asimismo tendrá capacidad para analizar el papel de los elementos genéticos móviles y de los RNAs reguladores como responsables de la transferencia genética horizontal y de la evolución en bacterias.

## PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

### TEÓRICO

- Tema 1. Métodos moleculares para el análisis del genoma microbiano del suelo.
- Tema 2. Papel del microbioma vegetal en la resistencia frente a patógenos.
- Tema 3. El transcriptoma bacteriano no codificante: identificación y caracterización de sRNAs de S. meliloti..
- Tema 4. Diversidad de las Transcriptasas inversas en procariotas. Nuevo papel biológico.
- Tema 5. Retrones: Nuevos sistemas de defensa frente a fagos.
- Tema 6. Sistemas CRISPR asociados a Transcriptasas inversas..

### PRÁCTICO

Seminarios/Talleres: Análisis bioinformático de datos de secuenciación masiva. Se realizará con un entorno de amplio uso como es Windows, basado en 64 bits; se recomienda que los alumnos dispongan de un ordenador con una memoria RAM de 8 Gigas.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL


- **Berg** et al. 2014. Unraveling the plant microbiome: looking back and future perspectives. Frontiers in Microbiology 5: 148.
- **Cobo-Díaz** et al. 2015. Metagenomic assessment of the potential microbial Nitrogen pathways in the rhizosphere of a Mediterranean forest after a wildfire. Microbial Ecology 69(4): 895-904.
- **Fernández-González** et al. 2017. The rhizosphere microbiome of burned holm-oak: potential role of the genus Arthrobacter in the recovery of burned soils. Sci Rep 7(1): 6008.
- **Forney** et al. 2004. Molecular microbial ecology: land of the one-eyed king. 7: 210-220.
- **Galibert** et al. 2001. The composite genome of the legume Symbiont Sinorhizobium meliloti. Science 293: 668-672.
- **Gao** et al. 2020. Diverse enzymatic activities mediate antiviral immunity in prokaryotes. Science. 369(6507):1077-1084.
- **García-Tomsig** et al. 2022. Pervasive RNA Regulation of Metabolism Enhances the Root




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): C6A7C3D71971D67D88B3F2B6777C21B4 Pág. 4 de 7

Colonization Ability of Nitrogen-Fixing Symbiotic α-Rhizobia. mBio 13(1):e0357621
- **González-Delgado** et al 2019. Spacer acquisition from RNA mediated by a natural reverse transcriptase-Cas1 fusion protein associated with a type III-D CRISPR-Cas system in Vibrio vulnificus. Nucleic Acids Res. 47(19):10202-10211. doi: 10.1093/nar/gkz746.
- **González-Delgado** et al. 2021. Prokaryotic reverse transcriptases: from retroelements to specialized defense systems. FEMS Microbiol Rev. 45(6):fuab025.
- **Hill** et al. 2003. Using ecological diversity measures with bacterial communities. FEMS Microbiol. Ecol. 43: 1-11.
- **Kirk** et al. 2004. Methods of studying soil microbial diversity. J. Microbiol. Methods 58: 169-188.
- **Knief, C**. 2014. Analysis of plant microbe interactions in the era of next generation sequencing technologies. Front. Plant Science 5: 216.
- **Mendes** et al. 2013. The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. FEMS Microbiology Reviews 37(5): 634-663.
- **Mestre** et al. 2020. Systematic prediction of genes functionally associated with bacterial retrons and classification of the encoded tripartite systems. Nucleic Acids Res. 48(22):12632-12647.
- **Mestre** et al. 2022. UG/Abi: a highly diverse family of prokaryotic reverse transcriptases associated with defense functions. Nucleic Acids Res. 50(11):6084-6101.
- **Millman** et al. 2020. Bacterial Retrons Function In Anti-Phage Defense. Cell. 183(6):1551-1561.e12.
- **Robledo** et al. 2020. Riboregulation in Nitrogen-Fixing Endosymbiotic Bacteria. Microorganisms 8(3):384.
- **Robledo** et al. 2017. A conserved α-proteobacterial small RNA contributes to osmoadaptation and symbiotic efficiency of rhizobia on legume roots. Environ. Microbiol. 19(7):2661-2680
- **Sánchez-Cañizares** et al. 2017. Understanding the holobiont: the interdependence of plants and their microbiome. Current Opinion in Microbiology 38: 188-196.
- **Schlüter** et al. 2010. A genome-wide survey of sRNAs in the symbiotic nitrogen-fixing alpha-proteobacterium Sinorhizobium meliloti. BMC Genomics. 11: 245.
- **Schlüter** et al. 2013. Global mapping of transcription start sites and promoter motifs in the symbiotic α-proteobacterium Sinorhizobium meliloti 1021. BMC Genomics. 14: 156.
- **Toro** et al. 2019. Multiple origins of reverse transcriptases linked to CRISPR-Cas systems. RNA Biol. 16(10):1486-1493.
- **Torres-Quesada** et al. 2014. Genome-wide profiling of Hfq-binding RNAs uncovers extensive post-transcriptional rewiring of major stress response and symbiotic regulons in Sinorhizobium meliloti. RNA Biol. 11: 563-579.
- **Turner** et al. 2013. The plant microbiome. Genome Biology 14(6): 1-10.
- **Zhou, J.** 2003. Microarrays for bacterial detection and microbial community analysis. Current Op. Microbiol. 6: 288-294.

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

No procede

## ENLACES RECOMENDADOS

- Página web del grupo de investigación: https://www.eez.csic.es/es/estructura-dinamica-y-funcion-de-genomas-de-rizobacterias
- Página web Microbiología de Ecosistemas Agroforestales: https://grupos.eez.csic.es/mae/



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): C6A7C3D71971D67D88B3F2B6777C21B4 Pág. 5 de 7

- NCBI: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/
- Joint Genome Institute: http://www.jgi.doe.gov/
- Ribosomal Database Project: http://rdp.cme.msu.edu/
- ARB database: http://www.arb-home.de/
- Tree of Life web project: http://tolweb.org/tree
- Sinorhizobium meliloti: http://iant.toulouse.inra.fr/bacteria/annotation/cgi/rhime.cgi, http://www.cebitec.uni-bielefeld.de/CeBiTec/rhizogate/
- Rfam database: http://rfam.sanger.ac.uk/
- Genómica comparada: http://www.microbesonline.org/
- Programa bioinformático STAMP: https://beikolab.cs.dal.ca/software/STAMP
- Plataforma bioinformática SEED: http://www.biomed.cas.cz/mbu/lbwrf/seed/
- Plataforma bioinformática Microbiome Analyst: https://www.microbiomeanalyst.ca/
- Plataforma bioinformática Mothur: https://mothur.org/
- Pipeline análisis de práctica: https://nuriamw.github.io/micro4all/
- The PADLOC web server for identification of antiviral defence systems in microbial genomes: https://padloc.otago.ac.nz
- CrispR-cas finder for identify the presence of crispr system in any genome sequence: https://crisprcas.i2bc.paris-saclay.fr/

## 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.

- Asistencia a clase: 50%.
- Participación en discusiones de clase y prácticas: 10%.
- Elaboración de trabajos, exposición y discusión de artículos científicos: 40%.

### 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.

Realización de examen escrito de todos los contenidos teóricos y prácticos impartidos durante el



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): C6A7C3D71971D67D88B3F2B6777C21B4 Pág. 6 de 7

curso: 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: Realización de examen escrito de todos los contenidos teóricos y prácticos impartidos durante el curso: 100 %

## 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): C6A7C3D71971D67D88B3F2B6777C21B4
06/05/2026 - 10:38
Pág. 7 de 7