Guía docente de la asignatura

Iones Metálicos en Sistemas Biológicos (M43/56/2/44)

Fecha de aprobación por la Comisión Académica: 04/07/2025

Máster	Máster Universitario en Ciencias y Tecnologías Químicas, Khemia
MÓDULO	Investigación y Desarrollo
RAMA	Ciencias
CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO	Escuela Internacional de Posgrado

Semestre	Segundo	**Créditos**	3	**Tipo**	Optativa	**Tipo de enseñanza**	Presencial

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

- Iones metálicos y la vida.
- Estructura y mecanismo de metaloproteínas implicadas en procesos de transporte almacenamiento de O2 y transferencia electrónica.
- Metaloenzimas que involucran radicales libres. Cobalaminas.
- Captura, transporte y almacenamiento de iones metálicos.
- Metales en medicina. Nanomedicina.

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

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/ 05/05/2026 - 11:25
Código seguro de verificación (CSV): 3AD66950780805FA6C37ABFC00F7E71D Pág. 1 de 8

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 sepan asumir las responsabilidades adecuadas en lo que respecta al desarrollo de conocimientos y/o prácticas profesionales

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE10 - Planificar, gestionar y desarrollar proyectos científico-tecnológicos con manejo de información y conocimiento de su transferencia hacia otros sectores.
- CE18 - Preparar, funcionalizar y caracterizar nanomateriales, materiales nanoestructurados y sensores miniaturizados, así como ser capaz de desarrollar aplicaciones potenciales de los productos desarrollados.
- CE19 - Diseñar y aplicar procesos avanzados para la síntesis de productos químicos.
- CE20 - Conocer los procedimientos generales para la determinación de estructuras de macromoléculas que intervienen en sistemas biológicos.

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT02 - Capacidad de gestión del tiempo (referida a su organización y planificación)
- CT04 - Conocimiento y uso de las tecnologías de la información y comunicación (TICs) y de los recursos informáticos (programas, bases de datos, etc.) relativos al ámbito de estudio para adquirir, gestionar y comunicar la información
- CT06 - Trabajo en equipo
- CT07 - Sensibilidad hacia temas medioambientales

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.

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/ 05/05/2026 - 11:25
Código seguro de verificación (CSV): 3AD66950780805FA6C37ABFC00F7E71D Pág. 2 de 8

- 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 sepan asumir las responsabilidades adecuadas en lo que respecta al desarrollo de conocimientos y/o prácticas profesionales

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE10 - Planificar, gestionar y desarrollar proyectos científico-tecnológicos con manejo de información y conocimiento de su transferencia hacia otros sectores.
- CE18 - Preparar, funcionalizar y caracterizar nanomateriales, materiales nanoestructurados y sensores miniaturizados, así como ser capaz de desarrollar aplicaciones potenciales de los productos desarrollados.
- CE19 - Diseñar y aplicar procesos avanzados para la síntesis de productos químicos.
- CE20 - Conocer los procedimientos generales para la determinación de estructuras de macromoléculas que intervienen en sistemas biológicos.

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT02 - Capacidad de gestión del tiempo (referida a su organización y planificación)
- CT04 - Conocimiento y uso de las tecnologías de la información y comunicación (TICs) y de los recursos informáticos (programas, bases de datos, etc.) relativos al ámbito de estudio para adquirir, gestionar y comunicar la información
- CT06 - Trabajo en equipo
- CT07 - Sensibilidad hacia temas medioambientales

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

- Conocerá el papel que desempeñan los iones metálicos en los organismos vivos, aquéllos que de forma natural forman parte del organismo y otros, que de forma artificial son incorporados con fines médicos.
- Entenderá que no es posible el desarrollo de vida superior sin la participación de iones metálicos en procesos esenciales: origen, desarrollo y reproducción.
- Comprenderá la estructura y el mecanismo de acción de las metaloproteínas que forman parte de los organismos vivos.
- Será capaz de relacionar el origen de determinadas patologías con un desarreglo metabólico.
- Será capaz de diseñar de forma genérica fármacos que puedan corregir dichos desarreglos metabólicos.
- Conocerá una serie de fármacos, existentes en el mercado, que o bien contienen metales o interaccionan con ellos para llevar a cabo una actividad en diagnóstico y/o terapia.
- Conocerá las líneas básicas de desarrollo de la Nanomedicina.
- Será capaz de trabajar en un laboratorio integrado de Bioquímica e Inorgánica, conociendo el material típico de estos laboratorios, su forma de trabajo y las principales técnicas de caracterización de rutina.

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/ 05/05/2026 - 11:25
Código seguro de verificación (CSV): 3AD66950780805FA6C37ABFC00F7E71D Pág. 3 de 8

PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

TEÓRICO

- **Tema 1. Iones metálicos y la vida**

• Introducción: Entorno geoquímico y físico químico de los elementos. Tipos. Abundancia.
• Compuestos "inorgánicos" de interés bioquímico. Bioinorgánica.
• Funciones biológicas generales de los iones metálicos en los sistemas vivos.
• Biomineralización: una introducción.

- **Tema 2. Estructura y mecanismo de metaloproteínas implicadas en procesos de transporte y almacenamiento de O2**

• O2 y el origen de la vida
• Transporte de O2 en organismos superiores: Hemoglobina
• Almacenamiento de O2 en organismos superiores: Mioglobina
• Otros sistemas de transporte y almacenamiento de O2: hemeritrina y hemocianina.

- **Tema 3. Estructura y mecanismo de metaloproteínas implicadas en procesos de transferencia de electrones**

• Transferencia electrónica
• Proteínas Fe/S
• Citocromos
• Proteínas de Cu

- **Tema 4 . Metaloenzimas que involucran radicales libres.**

• Introducción a los radicales libres
• Antioxidantes: SOD, Glutation, Catalasas.
• Cobalaminas

- **Tema 5. Transporte y almacenamiento de metales**

• Transferrina
• Sideróforos
• Ferritina
• Metalotioneínas

- **Tema 6 . Metales en medicina. Nanomedicina.**

• Fármacos inorgánicos: clasificación.
• Compuestos anticancerígenos.
• Imagen y diagnosis.
• Nanomedicina:
• Nanociencia para el tratamiento de enfermedades.
• Nanopartículas.
• Nanomedicina en diagnosis y terapia.
• Riesgos potenciales de las nanopartículas.

PRÁCTICO

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/ 05/05/2026 - 11:25
Código seguro de verificación (CSV): 3AD66950780805FA6C37ABFC00F7E71D Pág. 4 de 8

- Práctica 1.- Ferritina: Determinación del número de átomos de hierro. Síntesis de Apoferritina.
- Práctica 2.- Extracción y purificación de la Mioglobina. Preparación de Oxy-Mioglobina y Met-Mioglobina .

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- SIGUEL, H., SIGEL, R. Metal Ions In Biological Systems, Volume 44: Biogeochemistry, Availability, and Transport of Metals in the Environment. Taylor and Francis Grpup, 2019.
- CHRICHTON, R.R. Bioinorganic Chemistry, A New Introduction to Molecular Structure and Function, Elsevier, 2012
- BARAN E.J.: Química Bioinorgánica. Mc. Graw-Hill/ Interamericana de España, 1995
- BERTINI, I., GRAY, H.B., STIEFEL, E.I., Biological Inorganic Chemistry: Structure And Reactivity.Science Books, 2006
- CASAS S.J., MORENO, V., SÁNCHEZ, A., SÁNCHEZ, J.L., SORDO, J.:Química bioinorgánica, Editorial Síntesis, 2002.
- COWAN J.A.: Inorganic Biochemistry. An introduction. VCH Publishers 1997.
- KAIM W. SCHWEDERSKI B.: Bioinorganic Chemistry: Inorganic Elements in the Chemistry Life. An Introductio and Guide. John Wiley and Sons, 1996.
- KRAATZ H.B., METZLER-NOLTE N (ED): Concepts and Models in Bioinorganic Chemistry. Wiley-VCH 2006
- VALLET, M., FAUS, J., GARCÍA-ESPAÑA, E., MORATAL, J.: Introducción a la Química Bioinorgánica. Editorial Síntesis, 2003

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- ALESSIO, E: Bioinorganic Medicinal Chemistry. Wiley. VCH .2011.
- BERTINI I, GRAY H.B., LIPPARD S.J. and VALENTINE J.S.: Bioinorganic Chemistry. University Science Books,1994.
- BERTINI I, GRAY H.B., LIPPARD S.J. and VALENTINE J.S.: Bilogical Inorganic Chemistry: Structure and reactivity. University Science Books, 2007.
- FRAÚSTO DA SILVA J.J.R., WILLIAMS R.J.P.: The biological Chemistry of 8he Elements. The Inorganic
- Chemistry of Live. Clarendon Press. Oxford, 1993.
- LIPPARD S.J., BERG J.M.: Principles of Bioinorganic Chemistry. University Science Books, 1994.
- SALOMON, E., KEIT, O.H.: Spectroscopic methods in Bioinorganic Chemistry, Oxford University Press, 1998.
- TRAUTWEIN, A.: Bioinorganic Chemistry-Transition Metals in Biology and Their Coordination Chemistry. John Wiley, 1997.
- WILKINS, P. AND RALPH G.W.: Inorganic Chemistry in Biology. Oxford University Press, 1997

ENLACES RECOMENDADOS

http://www.ugr.es/~bioinorg/index.html

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/ 05/05/2026 - 11:25
Código seguro de verificación (CSV): 3AD66950780805FA6C37ABFC00F7E71D Pág. 5 de 8

METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Clases magistrales/expositivas. El equipo docente podrá utilizar para su desarrollo algunos de los siguientes métodos: sesión expositiva, aprendizaje basado en problemas, ejemplificación y estudio de casos.
- MD02 Clases de resolución de problemas. El equipo docente podrá utilizar algunos de los siguientes métodos para su desarrollo: Aprendizaje basado en problemas; ejemplificación y estudio de casos.
- MD03 Clases prácticas. El equipo docente podrá recurrir a métodos como estudio de casos, análisis diagnósticos, prácticas de laboratorio, aula de informática, visitas, búsqueda de datos, etc.
- MD04 Talleres, seminarios, debates, exposición (y/o defensa) de trabajos individuales o en grupo. El equipo docente podrá utilizar para su desarrollo algunos de los siguientes métodos: aprendizaje basado en problemas, ejemplificación y estudio de casos
- MD05 Tutorías: Programadas y de seguimiento (para trabajos de fin de Máster y Prácticas de Empresa), pudiéndose utilizar en las modalidades personalizada o en grupo, sincrónica (presenciales) o asincrónica (virtuales). La modalidad seleccionada por el equipo docente quedará recogida en la Guía Docente de cada materia
- MD07 Estudio y trabajo autónomo, individual y/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 quienes se les haya reconocido el derecho a la evaluación única final.

- Pruebas escritas. Exámenes o pruebas breves a realizar a lo largo del curso basadas en la resolución de ejercicios, casos o problemas propuestos con anterioridad por el profesor.
- Evaluación de asistencia y participación activa. Se valorarán las actitudes e iniciativas de participación activa e interactiva en el desarrollo de la clase, en las tutorías, o en el grado de compromiso en el desarrollo de los trabajos planeados, en las prácticas de laboratorio y cualquier otra tarea asignada, pudiéndose evaluar, si procede, la capacidad de trabajo en equipo.
- Exposición de trabajos. El alumno desarrollará un trabajo, individual o en grupo, planteado y tutelado por el profesor y lo expondrá en una presentación breve ante el resto de la clase, sometiéndose a debate posterior con el resto de los alumnos y el profesor.
- Clases Prácticas. Se evaluará el grado de desempeño en la realización del trabajo experimental, manejo de instrumentación, análisis e interpretación de datos experimentales y elaboración de registros e informes de resultados.
- Examen final

Criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final:

- Pruebas escritas, evaluación de trabajos y examen final.....70%
- Asistencia y participación activa..... 5%
- Clases prácticas..... 25%

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/ 05/05/2026 - 11:25
Código seguro de verificación (CSV): 3AD66950780805FA6C37ABFC00F7E71D Pág. 6 de 8

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.
El examen final en la convocatoria extraordinaria constará de preguntas de teoría (**60%**) y de prácticas/seminarios (**40%**) relativas a la materia impartida en clase. La prueba será presencial.

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 puntuación obtenida en este examen presencial constituirá el **100%** de la calificación otorgada siguiendo este tipo de evaluación y consistirá en un examen oral individual (60% de la calificación final). La parte práctica, se evaluaría a través de la elaboración de un informe de proyecto relacionado con la parte práctica, que deberá entregar con, al menos, 48h de antelación al examen. De forma presencial se debatirá con el alumno acerca de dicho trabajo y contará un **40%** de la calificación total.

INFORMACIÓN ADICIONAL

- Siguiendo las recomendaciones de la CRUE y del Secretariado de Inclusión y Diversidad de la UGR, los sistemas de adquisición y de evaluación de competencias recogidos en esta guía docente se aplicarán conforme al principio de diseño para todas las personas, facilitando el aprendizaje y la demostración de conocimientos de acuerdo a las necesidades y la diversidad funcional del alumnado. La metodología docente y la evaluación serán adaptadas al alumnado con NEAE, conforme al Artículo 11 de la Normativa de Evaluación y Calificación de estudiantes de la UGR, publicada en el Boletín Oficial de la UGR nº 112, de 9 de noviembre de 2016.

- En el caso de estudiantes con discapacidad u otras NEAE, el sistema de tutoría deberá adaptarse a sus necesidades, de acuerdo a las recomendaciones de la Unidad de Inclusión de la UGR, procediendo los Departamentos y Centros a establecer las medidas adecuadas para que las tutorías se realicen en lugares accesibles. Asimismo, a petición del profesorado, se podrá solicitar apoyo a la unidad competente de la Universidad cuando se trate de adaptaciones metodológicas especiales. Información de interés para alumnado con discapacidad y/o Necesidades Específicas de Apoyo Educativo
(NEAE): https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad.

MEDIDAS PREVENTIVAS EN LOS LABORATORIOS DE PRÁCTICAS Y/O TALLERES.

Guía de buenas prácticas para laboratorios experimentales docentes (dirigida tanto a estudiantes como a

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/ 05/05/2026 - 11:25
Código seguro de verificación (CSV): 3AD66950780805FA6C37ABFC00F7E71D Pág. 7 de 8

profesorado): https://ssp.ugr.es/informacion/noticias/medidas-preventivas-generales-laboratorios-talleres. En esta guía se proporciona la información relativa a los principales riesgos para la seguridad y la salud asociados a las prácticas docentes en laboratorios, así como las medidas preventivas necesarias para eliminar y/o minimizar dichos riesgos. También se informa sobre el procedimiento a seguir en caso de accidente y cómo proporcionar un primer auxilio.

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): 3AD66950780805FA6C37ABFC00F7E71D
05/05/2026 - 11:25
Pág. 8 de 8