

Guía docente de la asignatura

Fecha de aprobación por la Comisión Académica: 03/07/2025

## Contaminación en Masas de Agua (M96/56/1/18)

**Máster**

Máster Universitario en Técnicas y Ciencias de la Calidad del Agua (Idea)

**MÓDULO**

Módulo de Técnicas Computacionales Aplicadas a la Calidad del Agua

**RAMA**

Ciencias

**CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO**

Escuela Internacional de Posgrado

**Semestre**

Segundo

**Créditos**

5

**Tipo**

Optativa

**Tipo de enseñanza**

Presencial

### PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

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#contenido>

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

Se analizan y estudian procedimientos (balances de masa en elementos de control, análisis dimensional y análisis estadístico) para la construcción de modelos de predicción de calidad del agua, entendida esta en un sentido amplio. Se aplican los procedimientos al desarrollo de modelos de simulación y predicción de formas particulares de contaminación

### 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 - Capacidad para la realización de estudios multidisciplinares para la solución de problemas complejos y para la ejecución de programas de investigación detallados en el ámbito de la calidad del agua sobre la base de conocimientos, técnicas y herramientas avanzadas y el método científico
- CG02 - Capacidad para liderar y ejecutar proyectos de investigación, informes técnicos y convenios de colaboración en materia de caracterización del estado ecológico, estado químico y grado de contaminación y evaluación de la calidad de las distintas masas de agua definidas en la Directiva Marco (sistemas lóticos, sistemas lénticos, aguas de transición y costeras, aguas subterráneas) y desde un punto de vista interdisciplinar e integrado.
- CG03 - Capacidad para sintetizar, elaborar, analizar y presentar conclusiones y resultados a nivel de informe profesional y/o científico, y en forma oral o escrita, en el ámbito de la evaluación, tratamiento y predicción de la calidad del agua teniendo en cuenta la valoración ambiental y socioeconómica de los mismos.
- CG04 - Capacidad para identificar, definir y formular problemas de interés científico y técnico en el ámbito del diagnóstico, tratamiento y predicción de la calidad del agua.
- CG05 - Capacidad para elaborar propuestas competitivas a nivel nacional e internacional que puedan derivar en proyectos técnicos o de investigación financiados en el ámbito del diagnóstico, tratamiento y predicción de la calidad del agua.

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Conocimiento de los procesos físicos, químicos y biológicos significativos para la caracterización del estado ecológico de masas de agua.
- CE02 - Capacidad para comprender y describir de forma cuantitativa, utilizando herramientas matemáticas, informáticas y de tipo experimental, el movimiento del agua, entendido éste como factor determinante de la variabilidad espacial y temporal de la calidad del agua en la hidrosfera.
- CE04 - Capacidad para aplicar conceptos y herramientas estadísticas en el análisis de la información relacionada con la calidad del agua y el estado ecológico de las masas de agua.
- CE05 - Entender las ecuaciones diferenciales como herramientas que permiten describir y caracterizar la variabilidad espacial y temporal de variables físicas, químicas y biológicas relacionadas con el estado ecológico, la calidad y el tratamiento de las masas



de agua y ser capaces de encontrar sus soluciones.

- CE12 - Capacidad para la caracterización espacio-temporal de las variables físicas, químicas y biológicas e indicadores bióticos y abióticos más significativos para la definición del estado ecológico de las masas de agua.
- CE13 - Capacidad para diseñar, implementar y explotar, de forma eficiente, técnicas y herramientas avanzadas para la caracterización, evaluación, tratamiento o predicción del estado ecológico y grado de contaminación de las masas de agua.

### COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Motivación por la excelencia y responsabilidad en el trabajo sobre la base del compromiso ético con el mismo y el perfeccionamiento continuado de sus competencias a lo largo de la vida profesional.
- CT02 - Capacidad de organización y planificación.
- CT03 - Motivación por la calidad en el aprendizaje para obtener la capacitación de alto nivel que haga posible la resolución de problemas complejos a partir de metodologías científico-técnicas avanzadas.
- CT05 - Capacidad creativa.
- CT06 - Capacidad de trabajo en equipo.

## 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 - Capacidad para la realización de estudios multidisciplinares para la solución de problemas complejos y para la ejecución de programas de investigación detallados en el ámbito de la calidad del agua sobre la base de conocimientos, técnicas y herramientas avanzadas y el método científico
- CG02 - Capacidad para liderar y ejecutar proyectos de investigación, informes técnicos y convenios de colaboración en materia de caracterización del estado ecológico, estado químico y grado de contaminación y evaluación de la calidad de las distintas masas de



agua definidas en la Directiva Marco (sistemas lóticos, sistemas lénticos, aguas de transición y costeras, aguas subterráneas) y desde un punto de vista interdisciplinar e integrado.

- CG03 - Capacidad para sintetizar, elaborar, analizar y presentar conclusiones y resultados a nivel de informe profesional y/o científico, y en forma oral o escrita, en el ámbito de la evaluación, tratamiento y predicción de la calidad del agua teniendo en cuenta la valoración ambiental y socioeconómica de los mismos.
- CG04 - Capacidad para identificar, definir y formular problemas de interés científico y técnico en el ámbito del diagnóstico, tratamiento y predicción de la calidad del agua.
- CG05 - Capacidad para elaborar propuestas competitivas a nivel nacional e internacional que puedan derivar en proyectos técnicos o de investigación financiados en el ámbito del diagnóstico, tratamiento y predicción de la calidad del agua.

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Conocimiento de los procesos físicos, químicos y biológicos significativos para la caracterización del estado ecológico de masas de agua.
- CE02 - Capacidad para comprender y describir de forma cuantitativa, utilizando herramientas matemáticas, informáticas y de tipo experimental, el movimiento del agua, entendido éste como factor determinante de la variabilidad espacial y temporal de la calidad del agua en la hidrosfera.
- CE04 - Capacidad para aplicar conceptos y herramientas estadísticas en el análisis de la información relacionada con la calidad del agua y el estado ecológico de las masas de agua.
- CE05 - Entender las ecuaciones diferenciales como herramientas que permiten describir y caracterizar la variabilidad espacial y temporal de variables físicas, químicas y biológicas relacionadas con el estado ecológico, la calidad y el tratamiento de las masas de agua y ser capaces de encontrar sus soluciones.
- CE12 - Capacidad para la caracterización espacio-temporal de las variables físicas, químicas y biológicas e indicadores bióticos y abióticos más significativos para la definición del estado ecológico de las masas de agua.
- CE13 - Capacidad para diseñar, implementar y explotar, de forma eficiente, técnicas y herramientas avanzadas para la caracterización, evaluación, tratamiento o predicción del estado ecológico y grado de contaminación de las masas de agua.

### COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Motivación por la excelencia y responsabilidad en el trabajo sobre la base del compromiso ético con el mismo y el perfeccionamiento continuado de sus competencias a lo largo de la vida profesional.
- CT02 - Capacidad de organización y planificación.
- CT03 - Motivación por la calidad en el aprendizaje para obtener la capacitación de alto nivel que haga posible la resolución de problemas complejos a partir de metodologías científico-técnicas avanzadas.
- CT05 - Capacidad creativa.
- CT06 - Capacidad de trabajo en equipo.

### RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

1. Conocimiento de las herramientas de modelación existentes. Reconocer las ventajas y limitaciones de cada una de ellas y decidir cuál es la mejor según el problema a resolver. .



2. Capacidad para identificar los procesos físico-químicos y biológicos implicados en formas particulares de contaminación, y las variables que determinan los procesos, y sus escalas de tiempo.
3. Desarrollar modelos basados en balances de masa y en sub-modelos de procesos específicos, para el estudio de formas particulares de contaminación en masas de agua.
4. Identificar variables explicativas que determinan el potencial ecológico de un sistema natural.
5. Construir modelos empíricos de predicción del potencial ecológico, utilizando herramientas estadísticas de análisis multivariante aplicadas a bases de datos.
6. Estimar niveles de contaminación física, química y biológica mediante el uso de herramientas de análisis dimensional.
7. Utilizar los modelos como herramientas para analizar el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos y entender los resultados de las acciones antrópicas y naturales sobre el estado y calidad de las masas de agua.

## PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

### TEÓRICO

Tema 1. Técnicas de modelación. Objetivo de la modelación de la calidad del agua. Tipos de modelos. Técnicas aplicadas a la modelación de calidad del agua.

Tema 2. Modelos basados en balances de masa. Modos de transferencia y transformación de contaminantes. Aplicación al análisis de fenómenos de contaminación convencional: contaminación orgánica y concentración de oxígeno en sistemas de mezcla perfecta y distribuidos. Aplicación al estudio de contaminación por nutrientes vegetales (eutrofización) y al desarrollo de modelos NPZ. Cinética microbiana, limitación por factores ambientales (nutrientes luz y temperatura) e interacciones tróficas. Aplicación al estudio de formas de contaminación no convencional, por metales pesados e hidrocarburos.

Tema 3. Modelos basados en herramientas de análisis dimensional. Aplicación al estudio de la contaminación en el entorno de emisarios submarinos.

Tema 4. Modelos empíricos. Bases de datos. Variables explicativas. Herramientas de trabajo para el desarrollo de modelos predictivos: análisis multivariante, "machine learning" y otras. Aplicaciones a problemas de contaminación/restauración de masas de agua.

### PRÁCTICO

Seminarios/Talleres - Todos los conceptos teóricos son aplicados a casos de estudio, en los que el alumno aplica sus habilidades de programación y análisis en entornos de cálculo e interpreta los resultados de los modelos

## BIBLIOGRAFÍA



## BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- Fischer, et al. 1979. Mixing in Inland and Coastal Waters, Academic Press.
- Holzbecher, E. Environmental Modelling using Matlab. 2007. Springer
- Chapra. 1997. Surface water quality modelling. McGrawHill
- Marsili-Libelli, S. 2016. Environmental Systems Analysis with MATLAB. CRC Press

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Clark M. M. Transport Modelling for Environmental Engineers and Scientists 2009. Second Edition. Wiley.
- MWH. Water Treatment: Principles and Design. Second Edition. 2005.

## ENLACES RECOMENDADOS

Toda la documentación en formato digital, mensajes y anuncios se gestionarán a través de la plataforma PRADO de la Universidad de Granada, <http://pradoposgrado.ugr.es> y/o Google App UGR (go.ugr.es)

## METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Método expositivo ¿ se exponen los contenidos de la asignatura de forma oral por parte de un profesor o profesora sin la participación activa del alumnado. Es un método para presentar sistemáticamente la mayor parte de los contenidos de un programa, introduciendo las ideas ordenadamente y ofreciendo el mayor número posible de ellas. Este método se podrá hacer a través de lecciones magistrales por parte del profesor, o mediante seminarios de expertos.
- MD02 Método de indagación. El propósito de este método es que el alumno elabore sus conocimientos y que induzca o deduzca reglas y aporte soluciones a problemas, ejemplos, ejercicios o casos prácticos aportados por el profesor. Esta metodología podrá plasmarse a través de: Actividades Prácticas (laboratorio, campo y ordenador), Visitas Técnicas, Búsqueda de Información, Resolución de Casos de Estudio, Resolución de Ejercicios, Discusiones y Coloquios
- MD03 Aprendizaje Autónomo. Su finalidad es desarrollar la capacidad de autoaprendizaje; formar a los estudiantes para que se responsabilicen de su trabajo y de la adquisición de sus propias competencias. Se podrá realizar a través de: Ejercicios, Trabajos Escritos, Presentaciones Orales, y Trabajos Prácticos individuales. Su objetivo es que los estudiantes aprendan a pensar y trabajar independientemente, lo que implica llegar a dominar una serie de capacidades para autodirigirse y organizar sus propios estudios.
- MD04 Aprendizaje Cooperativo. Su finalidad es el aprendizaje del alumno a través de la generación e intercambio de ideas y el análisis de diferentes puntos de vista mediante la colaboración de un grupo de estudiantes. Esta metodología se llevará a cabo a través de ejercicios en grupo, prácticas en grupo y presentaciones orales en grupo



## EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

### EVALUACIÓN ORDINARIA

El artículo 18 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 y participación en actividades presenciales del máster 15%
- Exámenes individuales 30%
- Entrega de ejercicios prácticos, cuadernos de prácticas y trabajos individuales, 15%
- Entrega de ejercicios prácticos, cuadernos de prácticas y trabajos en grupo, 25%
- Pruebas orales, 15%

Será necesario obtener una calificación mínima de 5 sobre 10 en los exámenes y pruebas individuales para aprobar la asignatura.

### 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 una prueba de evaluación de tipo teórico-práctica formada por problemas numéricos, preguntas breves, y/o proyectos específicos diseñados para evaluar la adquisición por parte del alumno de las competencias generales y específicas marcadas para la asignatura. La calificación obtenida representará el 100 % de la nota final.

### 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 una prueba de evaluación de tipo teórico-práctica formada por problemas numéricos, preguntas breves, y/o proyectos específicos diseñados para evaluar la adquisición por parte del alumno de las competencias generales y específicas marcadas para la asignatura. La calificación obtenida representará el 100 % de la nota final.



### INFORMACIÓN ADICIONAL

Las clases magistrales y actividades prácticas, así como el material docente de la asignatura, estarán disponibles en formato digital para su seguimiento y consulta de forma asíncrona a través de la plataforma a través de la plataforma PRADO de la Universidad de Granada, <http://pradoposgrado.ugr.es> y/o Google App UGR ([go.ugr.es](http://go.ugr.es)) en todos los escenarios

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/apoyos) (<https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad>).

