

Guía docente de la asignatura

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

## Contaminación en Interfases (M96/56/1/32)

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

4

Tipo

Optativa

Tipo de enseñanza

Presencial

### PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

Haber cursado las asignaturas de los módulos obligatorios 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#contenido0>

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

Se analizan y estudian procesos, agentes y herramientas para el uso como experto de: (1) modelos de predicción de la dinámica de contaminantes en las interfases agua-aire y agua-sedimento, interfases entre masas de agua en contacto con distintas características físico-químicas y en membranas entendidas en sentido amplio, y su influencia en la calidad del agua en sistemas acuáticos naturales y artificiales, (2) modelos predictivos de transporte y mezcla o contaminación en cuencas fluviales, acuíferos y captaciones, (3) modelos ecohidráulicos y de contaminación en sistemas acuáticos someros, sistemas de lagunaje, vertidos y emisarios.

Se aplican los procedimientos para el uso experto de modelos de simulación y predicción de formas particulares de contaminación y el análisis de su efecto sobre la calidad, estado químico y



ecológico de las masas de agua superficial y subterránea y en los sistemas acuáticos artificiales, con aplicación a casos de estudio reales en distintos escenarios climáticos, gestión y de explotación de los recursos hídricos.

## 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)

El alumno sabrá/comprenderá:

- Comprender y describir matemáticamente los principales procesos de transferencia de masa y energía en las interfases naturales y artificiales, así como los procesos físico-químicos, hidromorfológicos y biológicos relevantes para las mismas.
- Conocer las herramientas de modelación existentes y reconocer las ventajas y limitaciones de cada una de ellas para decidir cuál es la mejor según el problema a resolver.
- Identificar los procesos hidromorfológicos, físico-químicos y biológicos implicados en formas particulares de contaminación en las interfases naturales (agua-sedimento, agua-aire, frentes salinos, ...), artificiales (membranas, ...), y en general, en interfases entre medios acuáticos con distintas características físico-químicas. Así como, cuantificar las variables que determinan dichos procesos y sus escalas de tiempo.
- Identificar y caracterizar los procesos hidrogeoquímicos implicados en formas particulares de contaminación en sistemas acuáticos someros y en medios porosos saturados, no saturados y sus múltiples interfases naturales o artificiales, así como sus variables más significativas y su variabilidad temporal.
- Comprender las bases técnicas de los sistemas de teledetección y monitorización aplicados a la cuantificación de la calidad ecológica y química de ecosistemas acuáticos y sus interfases.

El alumno será capaz de:

- Utilizar modelos predictivos como herramientas para analizar el funcionamiento de sistemas acuáticos, naturales y artificiales, con interfases acuáticas relevantes para su dinámica, tales como sistemas acuáticos someros, sistemas de lagunaje, cuencas fluviales, acuíferos, membranas, captaciones, vertidos y emisarios. Y explotar los resultados obtenidos para para cuantificar: (1) el impacto de las acciones antrópicas y los forzamientos naturales sobre su estado ecológico y/o químico, (2) la variabilidad de los flujos de masa y energía a través de sus interfases, y (3) el impacto de estrategias de conservación, restauración, gestión o explotación de estos sistemas.
- Desarrollar e implementar y aplicar modelos predictivos basados en balances de masa y en sub-modelos de procesos específicos para el estudio de formas particulares de contaminación en interfases acuáticas naturales o artificiales, tales como las interfases agua-atmósfera y agua-sedimento.
- Estimar niveles de contaminación física, química y biológica mediante el uso de herramientas de análisis dimensional y modelos predictivos avanzados en sistemas acuáticos, naturales y artificiales, con interfases acuáticas relevantes para su dinámica, tales como sistemas acuáticos someros, sistemas de lagunaje, cuencas fluviales, acuíferos, membranas, captaciones, vertidos y emisarios.
- Aplicar con criterio modelos avanzados, herramientas de teledetección y SIG, y explotar bases de datos ambientales y climáticas, para la caracterización y la predicción de la contaminación, flujos, y procesos de transporte y mezcla en sistemas acuáticos someros, sistemas de lagunaje, cuencas fluviales, acuíferos, membranas, captaciones, vertidos y emisarios, con el fin de predecir su evolución espacio-temporal en distintos escenarios climáticos y de gestión de los recursos hídricos.



## PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

### TEÓRICO

- **Tema 1.** Interfases en masas de agua. Fuentes de contaminación natural y de origen antropogénico. Contaminantes convencionales y no convencionales: hidrocarburos. Interfases naturales: agua-sedimento, agua-aire, frentes salinos, vertidos y emisarios. Interfases artificiales: membranas. Procesos, agentes y escalas en interfases naturales y artificiales. Dinámica de capa límite y balances de masa y energía. Casos de estudio y aplicación a sistemas acuáticos someros, sistemas de lagunaje, cuencas fluviales, acuíferos, membranas, captaciones, vertidos y emisarios.
- **Tema 2.** Procesos hidrológicos y de transporte y mezcla en cuencas fluviales. Balances de masa y energía: cuantificación. Modelos predictivos en hidrología. Casos de estudio.
- **Tema 3.** Dinámica y contaminación en ecosistemas acuáticos someros y sistemas de lagunaje. Hidrodinámica, transporte y mezcla en aguas someras. Modelos predictivos avanzados. Sistemas SIG y teledetección. Casos de estudio.
- **Tema 4.** Flujos en interfases naturales y artificiales. Modelado de membranas: tipología y procesos, indicadores de eficiencia. Vertidos y emisarios: tipología y procesos de dilución, modelos de turbulencia, mezcla en campo cercano y lejano. Flujos biogeoquímicos en interfase agua-sedimento: capa límite, procesos de resuspensión y bioturbación. Casos de estudio.
- **Tema 5.** Contaminación en acuíferos y captaciones. Hidrodinámica y transporte en medios porosos saturados y no saturados. Contaminantes convencionales y no convencionales. Trazadores y tiempos de residencia. Modelos predictivos avanzados de calidad del agua en acuíferos. Sistemas de seguimiento y monitorización. Casos de estudio.

### PRÁCTICO

- **Práctica 1.** Modelado de procesos hidrogeológicos en cuenca vertiente mediante modelo IBER en zona de estudio. Cuantificación de balances de masa, energía y flujos. Análisis de escenarios e influencia de presiones naturales y antropogénica.
- **Práctica 2.** Modelado de procesos hidrodinámicos y transporte de contaminantes en sistema somero mediante modelo IBER en zona de estudio. Análisis de influencia de condiciones climáticas en capacidad de dilución de vertidos e impacto en ecosistema.
- **Práctica 3.** Modelado de eventos de contaminación en sistema somero o sistema de lagunaje, mediante modelo de calidad de agua de IBER y modelo biogeoquímico 1DV. Cuantificación de flujos en interfase agua-aire y agua-sedimento. Análisis de escenarios climáticos e influencia de forzamientos naturales y antropogénicos. Análisis de impactos sobre ecosistemas.
- **Práctica 4.** Modelado de dinámica y contaminación en acuíferos mediante modelo Visual MODFLOW. Análisis de escenarios, evaluación de impacto en calidad del agua en captaciones y masas de agua próximas.
- **Seminarios:** Sistemas de teledetección y SIG aplicados a la monitorización de la calidad del agua y los ecosistemas: herramientas y algoritmo de tratamiento de imágenes. Caracterización de indicadores de físico-químicos y biológicos de calidad de las aguas.
- **Salida de campo y vista técnica a zona de estudio.**



## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

Boudreau & Jorgensen Ed. (2001): The benthic boundary layer. Ed. Oxford Press.

Clark M. M. (2009) Transport modelling for environmental engineers and scientists. 2nd Ed. Wiley.

Holzbecher, E. (2007) Environmental Modelling using Matlab. Ed. Springer

Lick, W. (2008): Sediment contaminant transport in surface waters. CRC Press, PP. 416.

Wang, A.F. and Anderson, M.P. (1995). Introduction to groundwater modeling. Academic Press (1995)

M. Sanz-Ramos, L. Cea, E. Bladé, D. López-Gómez, E. Sañudo, G. Corestein, G. GarcíaAlén, and J. L. Aragón-Hernández, Iber v3: Manual de referencia e interfaz de usuario de las nuevas implementaciones, Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente (GEAMA), Universidad de A Coruña y Flumen Institute, Universitat Politècnica de Catalunya, España, 2022, manual técnico sobre las nuevas características y funcionalidades de Iber v3.

Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1996). Hidrología aplicada. McGraw-Hill.

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

## ENLACES RECOMENDADOS

- Open Access ebook Collection, IWA : <http://www.iwapublishing.com/open-access-ebooks>
- Colección libros electrónicos, Biblioteca UGR: [https://biblioteca.ugr.es/pages/biblioteca\\_electronica/libros\\_enciclopedias\\_electronicos/libros](https://biblioteca.ugr.es/pages/biblioteca_electronica/libros_enciclopedias_electronicos/libros)
- Scopus: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Manual de referencia hidráulico de Iber. Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas (<https://www.iberaula.es/54/iber-model/downloads>)
- Modelo Iber: <https://www.iberaula.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

La evaluación ordinaria es continua a través de :

- Asistencia y participación en actividades de la asignatura: 15%
- Examen individual: 30%
- Ejercicios y prácticas individuales: 15%
- Ejercicios y prácticas en grupo: 25%
- Pruebas orales individuales o en grupo: 15%

### EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

El 100 % de la calificación se obtendrá del examen teórico-práctico presencial a individual con el contenido de todo el temario impartido en la asignatura según lo descrito en la guía docente.

### EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

El 100 % de la calificación se obtendrá del examen teórico-práctico presencial a individual con el contenido de todo el temario impartido en la asignatura según lo descrito en la guía docente.

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





SOFTWARE LIBRE

Python

