

Guía docente de la asignatura

Fecha de aprobación por la Comisión
Académica: 03/07/2025**Análisis Numérico para la
Predicción y Tratamiento de la
Calidad del Agua (M96/56/1/17)****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

3

Tipo

Optativa

**Tipo de
enseñanza**

Presencial

PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

Haber cursado los módulos comunes 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#contenido>

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

Se proporcionará a los estudiantes los conceptos fundamentales para el uso con criterio y como experto de modelos matemáticos y numéricos para a la predicción de la calidad del agua en sistemas acuáticos naturales recogidos en la Directiva Marco del Agua, masas de agua artificiales, y su tratamiento. Se describirán y aplicarán las técnicas fundamentales de análisis numérico necesarias para comprensión de dichos modelos, su validación, calibración y explotación profesional y/o científica.



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.
- 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.

- 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.
- 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.
- 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:

- Entender los principios del análisis numérico en los que se basan los modelos comerciales existentes en el ámbito de la calidad del agua.
- Entender las bases de la formulación e implementación numérica de ecuaciones de conservación y transporte reactivo que simulan el comportamiento de los contaminantes en masas de agua y el estado y evolución de su calidad en 1, 2 y 3 dimensiones.
- Comprender, formular y aplicar, con criterio, distintas metodologías numéricas para la resolución de ecuaciones en el ámbito de la predicción de la calidad del agua y su



tratamiento

- Comprender, implementar y aplicar con criterio técnicas de calibración y asimilación de datos.
- Comprender e implementar las técnicas y formatos que permiten adaptar los resultados de modelos numéricos para su visualización e interpretación sobre la base de tecnologías de información geográfica.

El alumno será capaz de:

- Evaluar y cuantificar la precisión y propiedades de los esquemas numéricos para la resolución de ecuaciones en el ámbito de la predicción y tratamiento de la calidad del agua, y el transporte y cinética de contaminantes.
- Entender y analizar críticamente resultados de modelos numéricos aplicados a la calidad y tratamiento del agua y la validez de los mismos, mediante su validación.
- Resolver numéricamente, implementar y explotar de forma eficiente modelos integrados y distribuidos de dinámica de ecosistemas, sistemas de tratamiento de agua (reactores de flujo continuo), modelos ecohidráulicos (hidrodinámica y transporte de contaminantes en masas de agua superficiales) e hidrológicos (hidrología y transporte de contaminantes en acuíferos).

PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

TEÓRICO

Tema 1. Ecuaciones de conservación (modelos de caja) para la predicción, tratamiento y diagnóstico de la calidad del agua. Modelos de balance de masa. Modelos cinéticos. Tipología matemática, problemas de contorno y problemas de valor inicial. Métodos avanzados de resolución numérica de EDOs: clasificación y fundamentos. Cuantificación del error: normas e índices. Calibración de modelos: algoritmos genéticos de calibración y análisis de sensibilidad. Validación de modelos. Control de versiones con GitHub. Casos de aplicación.

Tema 2. Ecuaciones de conservación en modelos distribuidos. Formulación diferencial (EDPs) de procesos distribuidos: hidrodinámica, mecanismos de transporte, mezcla y mezcla, términos fuente y sumidero. Ecuaciones ecohidráulicas: modelos de turbulencia, flujos a presión, flujos de lámina libre y aproximación de aguas someras. Modelos distribuidos de transporte no conservativo, procesos de transporte y mezcla. Modelado de transporte de sedimento. Ejemplos de aplicación: sistemas acuáticos naturales y artificiales.

Tema 3. Técnicas numéricas para la resolución de ecuaciones de conservación en modelos distribuidos. Tipología matemática de EDPs en modelos de transporte distribuidos, tipología de condiciones de contorno, condiciones de inicio. Conceptos de estabilidad, convergencia y consistencia y difusión numérica. Método de diferencias finitas (DF): fundamentos, tipología de esquemas y métodos de resolución. Método de elementos finitos (MEF) y volúmenes finitos (VOF): fundamentos y tipología y clasificación de esquemas numéricos. Técnicas de mallado. Métodos directos e indirectos de resolución de sistemas algebraicos. Estructura de modelos numéricos comerciales y flujo de trabajo. Casos de aplicación.

Tema 4. Herramientas de inteligencia artificial (IA) y ciencia de datos (Big Data) aplicadas a la calidad del agua. Técnicas avanzadas de visualización: integración con sistemas SIG y de teledetección, creación de cuadros de mando. Técnicas de Big Data e IA aplicadas a la explotación de modelos, bases de datos y repositorios de interés para la calidad de agua y la gestión de los ecosistemas acuáticos y los recursos hídricos. Ejemplos de aplicación.



PRÁCTICO

Prácticas de modelado:

- Práctica 1. Implementación de modelo numérico de tipo STR de una y dos cajas. Aplicación a dinámica de blooms y reactor de flujo continuo. Calibración y validación con datos reales.
- Práctica 2. Creación y optimización de mallas no estructuradas para modelos distribuidos mediante el software GID e IBER. Aplicación a zona de estudio.
- Práctica 3. Análisis de distintos esquemas numéricos aplicados a modelo distribuido de transporte (IBER) y en modelo biogeoquímico en la columna de agua (1DV) de un sistema somero. Calibración y validación con datos reales, estimación de error. Diseño de escenarios y explotación de resultados. Control de versiones con GitHub y creación de cuadro de mando de modelo 1DV.

Seminarios:

- Herramientas de inteligencia artificial y ciencia de datos para la predicción y el tratamiento de la calidad del agua en sistemas acuáticos.
- Cuadros de mando aplicados a la predicción y el tratamiento de la calidad del agua en sistemas acuáticos someros.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

Fischer, et al. (1979). *Mixing in Inland and Coastal Waters*, Ed. Academic Press.

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

Novak, P., Guinot, U. Jeffrey, A.M. y Reeve, D.E. (2010). *Hydraulic modeling – an introduction: principles, methods and applications*. Spon Press.

Kuzmin, D. (2010). *A guide for numerical methods for transport equations*. Ed. Friedrich-Alexander-Universität.

Wang, H.F. and Anderson, M. P. (1982). *Introduction to groundwater modeling. Finite difference and finite element methods*. Academic Press.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Hall, B. & Leaky, M. (2008): *Open source approaches in spatial data handling: advances in geographic information science*. Ed. Springer.

Lermusiaux, P.F.J, (2007). [Adaptive Modeling, Adaptive Data Assimilation and Adaptive Sampling](#) Special issue on “Mathematical Issues and Challenges in Data Assimilation for Geophysical Systems: Interdisciplinary Perspectives”. C.K.R.T. Jones and K. Ide, Eds. *Physica D*, Vol 230, 172-196.

Logan, B.E. (2012) *Environmental transport processes*. 2nd Ed. Wiley.



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
- Scopus: www.scopus.com
- <https://es.mathworks.com/help/matlab/index.html>
- Página web de software Python: <https://www.python.org/>
- Página web del programa GID: <https://www.gidsimulation.com/gid-for-science/downloads/>
- Página web del modelo Iber: <https://www.iberaula.es/>
- Página web plataforma GitHub: <https://github.com/>
- Página web software MATLAB: <https://es.mathworks.com/academia/tah-portal/universidad-de-granada-31733947.html>

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: 20%



- Exámen individual: 40%
- Ejercicios y prácticas individuales: 20%
- Ejercicios y prácticas en grupo: 10%
- Pruebas orales individuales o en grupo: 10%

Para aprobar la asignatura es necesario obtener una calificación mínima de 5 sobre 10 en el examen individual.

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

