

Guía docente de la asignatura

Fecha de aprobación por la Comisión  
Académica: 15/07/2022**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

**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.

## 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.
- 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 gobierno en modelos integrados (modelos de caja).** Modelos de balance de masa. Tipología matemática. Problemas de contorno, problemas de valor inicial. Métodos de resolución numérica. Errores y normas. Aplicación práctica: (1) modelos STR y (2) dinámica de



ecosistemas acuáticos.

**Tema 2. Ecuaciones de conservación en modelos distribuidos de transporte.** Formulación diferencial, tipos de transporte, términos fuente. Ejemplos para la dinámica de fluidos: números adimensionales, mecanismos de transporte, turbulencia, estratificación, parámetros fundamentales, y clasificación de fluidos. Ejemplos para el transporte de contaminantes en medio acuoso: números adimensionales, mecanismos de transporte, dispersión molecular y turbulenta.

**Tema 3. Métodos numéricos en ecuaciones de transporte: fundamentos numéricos.** Tipología matemática de ecuaciones de transporte en modelos distribuidos. Aproximaciones clásicas. Condiciones de contorno, condiciones de inicio. Concepto de estabilidad, convergencia y consistencia, difusión numérica. Fundamentos del método de diferencias finitas (DF), Elementos Finitos (MEF) y Volúmenes Finitos (VOF). Tipología y clasificación de esquemas numéricos. Métodos directos e indirectos de resolución. Ejemplos de aplicación.

**Tema 4. Técnicas y herramientas numéricas.** Estructura de modelos numéricos comerciales y flujo de trabajo. Preproceso: mallado, tipología de mallas, ejemplos. Técnicas de calibración y validación. Herramientas de inteligencia artificial y ciencia de datos. Estimación de riesgo.

**Tema 5. Modelos de flujo y transporte reactivo de contaminantes en medios porosos.** Esquemas numéricos. Modelos comerciales. Aplicaciones.

**Tema 6. Modelos de flujo y transporte reactivo de contaminantes en sistemas acuáticos a presión y de lámina libre.** Transporte difusivo y transporte turbulento. Esquemas numéricos. Modelos de turbulencia. Aproximación de aguas someras. Modelos comerciales. Aplicaciones.

## PRÁCTICO

Prácticas:

- Práctica 1. Implementación práctica de esquemas DF, MEF y VOF en 1Dt. Comparativa.
- Práctica 2. Modelado numérico de un reactor de flujo continuo. Aproximaciones integrada y distribuida. Calibración y validación.
- Práctica 3. Modelado de transporte reactivo en sistema acuático distribuido 2Dt. Asimilación y calibración en problemas multiparamétricos. Visualización avanzada. Análisis de sensibilidad. Generación de escenarios y estimación de riesgo.

Seminarios:

- Herramientas de inteligencia artificial y ciencia de datos para la predicción y el tratamiento de la calidad del agua en sistemas acuáticos. Implementación con Phytton. Aplicaciones prácticas.

## 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](https://biblioteca.ugr.es/pages/biblioteca_electronica/libros_enciclopedias_electronicos/libros)
- Scopus: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- <https://es.mathworks.com/help/matlab/index.html>
- <https://www.comsol.com/learning-center>
- <https://www.python.org/>

### 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: 10%
- 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.

