

MC.IX Planificación y gestión de recursos hídricos

Este módulo se imparte durante el segundo cuatrimestre del curso, forma parte de la Especialidad II. *Gestión Integral de Cuencas* y se divide en las siguientes unidades docentes:

UDIX.1 Planificación hidrológica (2.5 ECTS)

UDIX.2 Agua y recursos en agricultura (3 ECTS)

UDIX.3 Operación de ríos y embalses y operación de aguas (3 ECTS)

con objetivos, contenidos, métodos docentes y bibliografía específicos que se complementan entre sí. Su desarrollo se fundamenta en las unidades docentes comprendidas en los MC.VII y VIII, y por ello se imparte a partir de la semana 7 del cuatrimestre, una vez finalizados ambos módulos previos.

Objetivos del MC.IX

Competencias genéricas

El alumno mejorará su capacidad de:

- análisis de los recursos hídricos en términos de demanda y sus condicionantes
- establecer criterios para su gestión con enfoque multidisciplinar

Competencias específicas

El alumno profundizará en el conocimiento del consumo de agua de la vegetación y su respuesta ante condiciones limitantes o extremas, y de los procesos de circulación y transferencia que determinan la calidad global de aguas superficiales. Por otra parte, estudiará las bases del diseño hidrológico y técnicas de optimización para la toma de decisiones. Con todo ello podrá:

- cuantificar las necesidades de agua, y su calidad, de los sistemas naturales/cultivados a diferentes escalas espaciotemporales.
- cuantificar las necesidades de agua, y su calidad, de los sistemas fluviales y lacustres a escala estacional, anual e hiperanual.
- establecer sistemas de toma de decisiones en la planificación de recursos hídricos, teniendo en cuenta criterios de cantidad y calidad, que apliquen técnicas de optimización con inclusión de la incertidumbre

Métodos docentes del MC.IX

Cada unidad docente tiene su propia metodología de enseñanza diseñada según los objetivos específicos y se imparten coordinadas, de forma que el alumno avance en la materia de forma progresiva y lógica, habiendo adquirido los conocimientos complementarios necesarios, sin solapes ni saltos en el aprendizaje.

Seminarios

De forma periódica se organizan seminarios orientados a ampliar la visión ofrecida en la docencia habitual, a presentar los últimos avances científicos o casos prácticos de interés. Los seminarios los imparten profesores e investigadores de los grupos de investigación que participan en el programa oficial de posgrado, y profesionales o investigadores invitados.

A modo de ejemplo, los seminarios programados durante el curso académico 2007-2008 en el segundo cuatrimestre en la especialidad de Gestión Integral de Cuencas, en la UCO, como complemento a los MCVII, MCVIII, MCIX y MCX, son:

- 12/03/2008: *Uso de sensores próximos para caracterizar la variabilidad espacial del suelo*, por Karl Vanderlinden (IFAPA. Junta de Andalucía).
- 26/03/2008: *Caracterización de los valores de escorrentía y erosión en una microcuenca de olivar bajo no laboreo con cubierta natural*, por Encarnación V. Taguas Ruíz (UCO).
- 31/03/2008: *Gully erosion: recent developments and implications for controlling soil loss and sediment yield*, por Jean Poesen (Univ. Católica de Lovaina, Bélgica).
- 09/04/2008: *El modelo de malla de Boltzman en el análisis de procesos ambientales*, por Francisco Jiménez Hornero (UCO).
- 16/04/2008: *Series temporales de vegetación para un modelo hidrológico distribuido*, por Adolfo Díaz Gutiérrez (IFAPA. Junta de Andalucía).
- 23/04/2008: *Transferencia de herbicidas al flujo de escorrentía desde olivar bandas de cubierta vegetal*, por Patricia Galindo Morales (IFAPA. Junta de Andalucía).
- 30/04/2008: *Estimación de evapotranspiración mediante teledetección a escala de parcela*, por Cristina Santos Rufo (IFAPA. Junta de Andalucía)
- 07/05/2008: *Ensayos en parcelas experimentales de erosión*, por Susana Schnabel (Universidad de Extremadura)
- 14/05/2008: *Análisis dimensional, modelos reducidos y análisis de escalas*, por Gonzalo Simarro Grande (Univ. Castilla-La Mancha)
- 21/05/2008: *Transporte de solutos en suelo*, por Fernando Garrido Colmenero (CSIC)
- 28/05/2008: *Microlisímetros para estudiar la evolución del agua en el suelo de un huerto*, por Antonio Díaz Espejo (CSIC)
- 04/06/2008: *Modelado 2D de flujos transitorios: aplicación a rotura de presas*, por Pilar García Navarro (Universidad de Zaragoza)
- 11/06/2008: *Flujo subsuperficial de agua en materiales fracturados*, Agustín Millares Valenzuela (Universidad de Granada)
- 18/06/2008: *Modelado numérico de lagunas someras*, por Elena Sánchez Badorrey (Universidad de Granada)
- 25/06/2008: *Hydrological modeling: state of the art and future trends*, por Rafael L. Bras (MIT. Department of Civil & Environmental Engineering)

Criterios de evaluación del MCIX

Cada unidad docente realizará una evaluación continua del alumno y valorará:

- el trabajo personal (90% de la puntuación total) mediante la distinta evaluación de las actividades prácticas propuestas a lo largo del curso (trabajo en clase, trabajo individual, actividades tutoradas, prácticas, visitas de campo y seminarios, examen u otros).
- la actitud del alumno en relación a las actividades presenciales (clases, actividades tutoradas, prácticas, visitas de campo y seminarios), asistencia y participación activa (10% de la puntuación total).

La calificación final del módulo se realizará haciendo un promedio de las calificaciones de cada unidad docente, ponderadas según los ECTS asignados.

Los profesores propondrán exámenes específicos en aquellos casos en los que la evaluación continua no sea posible, o su resultado sea escaso.

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS POR UNIDADES DOCENTES

Los objetivos, contenidos, metodología docente, criterios de evaluación y bibliografía se detallan a continuación por unidades docentes.

UD IX.1 Planificación hidrológica (2.5 ECTS)

Objetivos de la UD IX.1

Competencias específicas

El alumno sabrá/ comprenderá:

- Teoría de la planificación y gestión, aplicada en planificación hidrológica.
- Fundamentos de toma de decisiones basada en análisis de riesgos.
- Técnicas de programación y optimización.

En concreto, el alumno será capaz de:

- Sentar las bases para la planificación hidrológica de una cuenca.
- Modelar una herramienta para la toma de decisiones basada en análisis de riesgos.

Contenidos de la UD IX.1

Bloque I: Ordenación de recursos hídricos

Tema 1. La planificación y gestión de los recursos hídricos

- Disponibilidad y uso de los recursos hídricos.
- Necesidad de la planificación y la gestión de los recursos hídricos.
- Alcance de la planificación hidrológica.
- Componentes del sistema, escalas de la planificación y sustentabilidad.
- Enfoques de la Planificación y gestión de los recursos hídricos.
- Aspectos técnicos, económicos, financieros e institucionales de la planificación y gestión.
- Modelos para la evaluación y predicción de impacto.
- La planificación hidrológica en España.

Tema 2. Los recursos hídricos

- Renovabilidad del recurso agua.
- Conceptos básicos.
- El ciclo hidrológico.
- El problema de la escasez del recurso agua.
- Evaluación de los recursos hídricos.

Tema 3. Usos del agua

- Introducción.
- Conceptos básicos.
- Clasificación de los usos del agua.
- Uso doméstico.
- Uso industrial.
- Uso agrícola.

- Usos hidroeléctricos.
- Otros usos.

Bloque II: Fiabilidad y riesgo

Tema 4. Análisis y evaluación económica

- Introducción.
- Análisis económico de los proyectos de obras hidráulicas.
- Indicadores económicos. VAN, TIR, Pay-Back, Relación Coste/beneficio, Otros indicadores.
- Tipos de evaluación.
- Coste del agua.
- Valor del agua. Modelos de gestión. Mercados de agua.
- Precio del agua. Tipos de tarifas.

Tema 5. Garantía de suministro de los sistemas de recursos hídricos

- Introducción.
- Índices de garantía.
- Criterios de garantía prácticos.

Tema 6. Métodos de optimización

- Programación lineal aplicada a los sistemas de recursos hídricos.
- Programación dinámica y no lineal aplicada a los sistemas de recursos hídricos.
- Optimización no lineal no constreñida.
- Optimización no lineal constreñida.

Tema 7. Análisis de riesgo y fiabilidad en la modelación de los sistemas de recursos hídricos

- Terminología y conceptos de probabilidad.
- Distribuciones de probabilidad usuales.
- Análisis de incertidumbres.
- Cálculos de fiabilidad.
- Análisis de fiabilidad de sistemas simples.
- Optimización de la fiabilidad.

Tema 8. Análisis de la capacidad de embalses

- Introducción.
- Conceptos y definiciones de términos de capacidad y desembalse.
- Métodos de dimensionamiento de la capacidad de embalse.
- Métodos de diseño preliminar.
- Métodos de diseño final.

Métodos docentes de la UD IX.1

El proceso de aprendizaje se desarrollará combinando las siguientes actividades:

1. Clases teórico-prácticas. Suponen un 35% de las horas totales asignadas al Módulo. Los profesores desarrollan en clase los contenidos teóricos en la pizarra, con apoyo en métodos audiovisuales (material docente en transparencias o archivo tipo presentación PowerPoint). En la presentación de dichos contenidos se intercalan ejercicios prácticos (en papel o en PC) realizados por los profesores, que ayudan a comprender y fijar los conceptos explicados, dejando este un tiempo breve antes para que el alumno pueda enfrentarse a su resolución y plantearla por sí mismo.
2. Actividades tutoradas presenciales. Suponen un 30% de las horas totales asignadas a la Unidad e incluyen trabajo práctico y tutorías individuales. Los alumnos, de forma individual o

en grupos, realizan en el aula, bajo la supervisión de los profesores, casos prácticos relacionados con los contenidos del Módulo que se encuentren en desarrollo en ese momento, cuya duración excede la de un ejercicio o problema de clase, y para los que tienen que desarrollar algoritmos propios de cálculo y su programación, analizar los resultados obtenidos y proporcionar su representación gráfica de forma adecuada. De cada actividad práctica el alumno entrega un informe, cuya valoración se incluye en la evaluación final de la Unidad.

3. Seminarios programados. Suponen un 5% de las horas totales asignadas a la Unidad. Se imparte un seminario a la semana, durante todo el cuatrimestre, sobre temas específicos relacionados con los contenidos y sus aplicaciones, que se programan al inicio del cuatrimestre de forma acoplada al desarrollo del Módulo. Estos seminarios son impartidos por profesores del Programa de Posgrado al que pertenece el Máster o expertos en el tema abordado, durante una hora, y se reserva tiempo a continuación para que los alumnos intervengan haciendo preguntas y fomentando un pequeño coloquio.

4. Trabajo personal del alumno. Supone un 30% de las horas totales asignadas a la Unidad dentro del Módulo, de forma media para lograr un aprovechamiento adecuado de sus contenidos. El alumno estudiará estos, realizará los ejercicios propuestos en clase a tal fin así como los informes de las actividades prácticas desarrolladas. Todo este trabajo lo entregará a los profesores participantes en el Módulo, y su valoración forma parte de la evaluación final.

Al principio del curso se proporcionará al alumno la bibliografía recomendada, de carácter básico y de carácter avanzado, y en los distintos bloques de asignatura se le indicará cuáles de los libros listados son más indicados para consultar los aspectos que se están tratando.

Esta unidad desarrolla técnicas de planificación sobre resultados a obtener a partir de la aplicación del conocimiento de las unidades IX.2 y IX.3; constituye, por tanto, el pilar para desarrollar herramientas de optimización en el seno de este Módulo. Utiliza los fundamentos de procesos hidrológicos de las unidades docentes VII.1. Los conocimientos adquiridos en esta unidad docente sirven de base para las unidades docentes del MC.X, que está programado a la finalización de este.

La realización de ejercicios y casos prácticos se realiza aplicando los métodos y herramientas de las unidades docentes I.2 y I.3 del MC.I del primer cuatrimestre, que se complementan con técnicas aplicadas específicas.

Criterios de evaluación de la UD IX.1

De acuerdo con los criterios de evaluación del MC, la unidad docente se evalúa sobre un total de 100 puntos que valoran de forma ponderada los siguientes aspectos:

- El trabajo personal regular mediante la evaluación de los ejercicios propuestos cada semana (50% de la puntuación total), y de los informes de las actividades prácticas propuestos a lo largo del curso (35% de la puntuación total). Los profesores propondrán exámenes específicos en aquellos casos en que la evaluación continua no sea posible, o su resultado no alcance un nivel suficiente.

- El aprovechamiento de los seminarios programados, valorando su participación en el debate posterior y el resumen individual a entregar (5% de la puntuación total).

- Se tendrá en cuenta asimismo la actitud del alumno en relación a las actividades presenciales, asistencia y participación activa (10% de la puntuación total).

Bibliografía de la UD IX.1

Bibliografía básica

- Balarion, L. 2000. Gestión de recursos hídricos. Ediciones UPC. Barcelona.
- Brockwell, P.J y R.A. Davis. 2003. Introduction to time series and forecasting
- Mays, L.R. 2001. Water Resources Engineering. John Wiley & Sons, New York
- Mc Mahon, T.A., y R.G. Mein, 1987. River and Reservoir Yield. Water Resources Publications, Colorado.
- Rao, A.R. 2000. Flood Frequency Analysis. CRC Press, Boca Raton

Bibliografía avanzada

- Goodman, A.S., 1984. *Principles of Water Resources Planning*, Prentice Hall, Englewood Cliffs
- Grigg, N. S., 1996. *Water Resources Management*, McGraw Hill, New York. Helweg, O.J., 1986. *Water Resources Planning and Management*, John Wiley & Sons, New York.
- Loucks, D. P. et al., 1981. *Water Resource Systems Planning and Analysis*, Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Loucks, D. P. y Eelco van Beek, 2005. *Water Resources Systems Planning and Management: An Introduction to Methods, Models and Applications*, UNESCO, Paris.
- McMahan, T.A. y R.G. Mein, 1978. *Reservoir Capacity and Yield*. Elsevier, Amsterdam.

UDIX.2 Agua y recursos en la agricultura (2 ECTS)

Objetivos de la UD IX.2

Competencias específicas

El alumno sabrá/ comprenderá:

- Las escalas climáticas en relación a la vegetación.
- Evaluar la respuesta de la planta ante situaciones limitantes.

El alumno será capaz de:

- Analizar las demandas de agua y nutrientes de los sistemas de cultivos.
- Programar y gestionar los sistemas de cultivo.

Contenidos de la UD IX.2

Bloque I: Vegetación y escalas climáticas

Tema 1. Escalas espaciotemporales en la distribución espacial de especies vegetales.

- Regiones climáticas y especies índice.
- Mecanismos de adaptación de la vegetación a condiciones. extremas.
- Vegetación y consumo de agua a escala de cuenca.
- Regiones mediterráneas.

Tema 2. Ciclos de cultivo

- Tipos de cultivo en relación a sus necesidades de agua y al manejo del sistema.
- Desarrollo del cultivo a lo largo de un ciclo.
- Variables de estado y definición de umbrales de tolerancia y críticos a lo largo del

ciclo de cultivo.

Bloque II: Consumo de agua y nutrientes por la vegetación

Tema 3. Necesidades hídricas del cultivo

- Consumo de agua por la vegetación.
- Evapotranspiración potencial, de referencia, y real.
- Ecuación de Penman-Monteith y modificaciones.
- Otros modelos de cálculo.

Tema 4. Manejo del agua en cultivos

- Sistemas de riego. Ventajas e inconvenientes.
- Técnicas de manejo del riego.
- Programación de riegos.

Tema 5. Programación de la fertilización.

- Sistemas de fertilización. Ventajas e inconvenientes.
- Necesidades de nutrientes de los cultivos a lo largo del ciclo.
- Programación de la fertilización. Fertirriego.

Tema 6. Respuesta de la planta ante factores limitantes

- Respuesta fisiológica de la planta ante condiciones de estrés hídrico. Resistencia.
- Técnicas de riego deficitario.
- Riego con aguas salinas.
- Desarrollo del cultivo bajo limitación de nutrientes. Rendimientos.

Bloque III: Manejo de sistemas agrícolas

Tema 7. Gestión integrada de los recursos en sistemas agrícolas

- Programación de riego y fertilización en cultivos.
- Modelos de cultivos.
- Monitorización del estado hídrico y nutricional de la vegetación.

Tema 8. Aplicación a casos prácticos.

- Sistemas de cultivo extendidos en cuencas mediterráneas.
- Análisis de casos prácticos.

Métodos docentes de la UD IX.2

El proceso de aprendizaje se desarrollará combinando las siguientes actividades:

1. Clases teórico-prácticas. Suponen un 35% de las horas totales asignadas al Módulo. La profesora desarrolla en clase los contenidos teóricos en la pizarra, con apoyo en métodos audiovisuales (material docente en transparencias o archivo tipo presentación PowerPoint). En la presentación de dichos contenidos se intercalan ejercicios prácticos (en papel o en PC) realizados por la profesora, que ayudan a comprender y fijar los conceptos explicados, dejando esta un tiempo breve antes para que el alumno pueda enfrentarse a su resolución y plantearla por sí mismo.

2. Actividades tutoradas presenciales. Suponen un 30% de las horas totales asignadas a la Unidad e incluyen trabajo práctico y tutorías individuales. Los alumnos, de forma individual o en grupos, realizan en el aula, bajo la supervisión de la profesora, casos prácticos relacionados con los contenidos del Módulo que se encuentren en desarrollo en ese momento, cuya duración excede la de un ejercicio o problema de clase, y para los que tienen que desarrollar algoritmos propios de cálculo y su programación, analizar los resultados obtenidos y proporcionar su representación gráfica de forma adecuada. De cada actividad práctica el alumno entrega un informe, cuya valoración se incluye en la evaluación final de la Unidad.

3. Seminarios programados. Suponen un 5% de las horas totales asignadas a la Unidad. Se imparte un seminario a la semana, durante todo el cuatrimestre, sobre temas específicos relacionados con los contenidos y sus aplicaciones, que se programan al inicio del cuatrimestre de forma acoplada al desarrollo del Módulo. Estos seminarios son impartidos por profesores del Programa de Posgrado al que pertenece el Máster o expertos en el tema abordado, durante una hora, y se reserva tiempo a continuación para que los alumnos intervengan haciendo preguntas y fomentando un pequeño coloquio.

4. Trabajo personal del alumno. Supone un 30% de las horas totales asignadas a la Unidad dentro del Módulo, de forma media para lograr un aprovechamiento adecuado de sus contenidos. El alumno estudiará estos, realizará los ejercicios propuestos en clase a tal fin así como los informes de las actividades prácticas desarrolladas. Todo este trabajo lo entregará a los profesores participantes en el Módulo, y su valoración forma parte de la evaluación final.

Al principio del curso se proporcionará al alumno la bibliografía recomendada, de carácter básico y de carácter avanzado, y en los distintos bloques de asignatura se le indicará cuáles de los libros listados son más indicados para consultar los aspectos que se están tratando.

El aprovechamiento de estos temas se fundamenta en los contenidos de la unidad docente II.2 del primer cuatrimestre, y utiliza el conocimiento adquirido en la unidad docente previa VII.2. Sus contenidos son base para el MC.X.

Criterios de evaluación de la UD IX.2

De acuerdo con los criterios de evaluación del MC, la unidad docente se evalúa sobre un total de 100 puntos que valoran de forma ponderada los siguientes aspectos:

- El trabajo personal regular mediante la evaluación de los ejercicios propuestos cada semana (50% de la puntuación total), y de los informes de las actividades prácticas propuestos a lo largo del curso (35% de la puntuación total). La profesora propondrá exámenes específicos en aquellos casos en que la evaluación continua no sea posible, o su resultado no alcance un nivel suficiente.

- El aprovechamiento de los seminarios programados, valorando su participación en el debate posterior y el resumen individual a entregar (5% de la puntuación total).

- Se tendrá en cuenta asimismo la actitud del alumno en relación a las actividades presenciales, asistencia y participación activa (10% de la puntuación total).

Bibliografía de la UD IX.2

Bibliografía básica

- Burk, C., O'Connor, K. and Ruehr, T. 1998. Fertigation. Irrigation Training and Research Center. California Polytechnic State University. San Luis Obispo.
- Campbell, G.S. and J. M. Norman. 1998. An introduction to environmental physics. Springer Verlag, New York.
- Eagleson, P.S. 2002, Ecohydrology, Cambridge Univ. Press, Cambridge
- Hanks, J. y J.T. Ritchie (eds.) 1991. Modeling Plant and Soil Systems. ASA, CSSA, SSSA. Madison
- Monteith J.L. and M.H. Unsworth. 1990. Principles of environmental physics. Hodder and Stoughton, London.
- Villalobos, F, Orgaz, F., L. Mateos, y E. Fereres. 2002. Fitotecnia: Bases y tecnologías de la producción agrícola. Mundi Prensa. Madrid

Bibliografía avanzada

- Jones, H.G. 1992. Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology. Cambridge University Press. UK.

UD IX.3 Operación de ríos y embalses y calidad de aguas (4 ECTS)

Objetivos de la UD IX.3

Competencias específicas

El alumno sabrá/ comprenderá:

- La estructura de cauces, lagos y embalses.
- Los procesos de circulación de agua, sedimento y sustancias en ríos y embalses, que condicionan su estado ecológico.
- La evolución del estado de estos sistemas como respuesta a alteraciones puntuales, a escala estacional y anual, y a largo plazo.

En concreto, el alumno será capaz de:

- Desarrollar modelos de calidad de aguas superficiales.
- Definir y ejecutar una operación multiobjetivo de ríos y embalses, con criterios socioeconómicos y ambientales.
- Definir y explotar sistemas de monitorización de dichos sistemas.

Contenidos de la UD IX.3

Bloque I: Modelos de circulación

Tema 1. Circulación de flujos: concepto y escalas espaciotemporales

- Modelos hidrológicos e hidráulicos
- Funciones de transferencia

Tema 2. Ecuaciones de balance de masa y energía

- Aplicación de las ecuaciones de transporte de agua, sedimentos y sustancias en cauces
- Aplicación de las ecuaciones de transporte de agua, sedimentos y sustancias en lagos y embalses

Bloque II: Dinámica de flujos en lagos y embalses

Tema 3. Circulación en lagos y embalses

- Estructura de lagos y embalses
- Procesos relevantes y su variación estacional

Tema 4. Sistemas con mezcla completa

- Aplicación de soluciones analíticas
- Sistemas complejos: modelos de embalses lineales en serie/cascada

Tema 5. Sistemas estratificados

- Variaciones estacionales
- Modelado simplificado
- Modelado 2D y 3D

Tema 6. Modelos dinámicos de eutrofización

- Condiciones desencadenantes y limitantes
- Modelos simples y complejos

Bloque III: Dinámica de flujos en cauces y canales

Tema 7. Circulación en cauces

- Aplicación de las ecuaciones de Saint-Venant
- Ecuaciones de flujos someros
- Procesos en capa límite

Tema 8. Dinámica de transporte y mezcla en cauces

- Soluciones analíticas de la ecuación de advección-dispersión (1D) para diferentes condiciones de vertido, y condiciones iniciales (seco/mojado)
- Modelado numérico: método de McCormack
- Aplicación en flujos transitorios

Tema 9. Eutrofización en cursos de agua

- Limitación por nitrógeno/fósforo
- Modelado del estado ecológico a diferentes niveles

Bloque IV: Gestión y operación de sistemas

Tema 10. Gestión y operación de embalses

- Regulación de avenidas y capacidad de almacenamiento
- Operación de aliviaderos y resuspensiones
- Colmatación de embalses
- Gestión en situaciones de sequía y escasez
- Monitorización

Tema 11. Gestión y operación en cauces

- Protección frente a avenidas
- Análisis de caudales ecológicos
- Monitorización

Métodos docentes de la UD IX.3

El proceso de aprendizaje se desarrollará combinando las siguientes actividades:

1. Clases teórico-prácticas. Suponen un 35% de las horas totales asignadas al Módulo. La profesora desarrolla en clase los contenidos teóricos en la pizarra, con apoyo en métodos audiovisuales (material docente en transparencias o archivo tipo presentación PowerPoint). En la presentación de dichos contenidos se intercalan ejercicios prácticos (en papel o en PC) realizados por la profesora, que ayudan a comprender y fijar los conceptos explicados, dejando esta un tiempo breve antes para que el alumno pueda enfrentarse a su resolución y plantearla por sí mismo.

2. Actividades tutoradas presenciales. Suponen un 30% de las horas totales asignadas a la Unidad e incluyen trabajo práctico y tutorías individuales. Existen dos modalidades de trabajo práctico:

a) Actividades prácticas en clase. Los alumnos, de forma individual o en grupos, realizan en el aula, bajo la supervisión de la profesora, casos prácticos relacionados con los contenidos del Módulo que se encuentren en desarrollo en ese momento, cuya duración excede la de un ejercicio o problema de clase, y para los que tienen que desarrollar algoritmos propios de cálculo y su programación, analizar los resultados obtenidos y proporcionar su representación gráfica de forma adecuada. De cada actividad práctica el alumno entrega un informe, cuya valoración se incluye en la evaluación final de la Unidad.

b) Visitas técnicas. Se realizan dos visitas, una al laboratorio de hidráulica de la ETSCCP de la Universidad de Castilla la Mancha y otra en la que se visitarán estructuras hidráulicas de regulación utilizadas en el aprovechamiento de recursos hídricos. El alumno deberá presentar un informe detallado de cada visita.

3. Seminarios programados. Suponen un 5% de las horas totales asignadas a la Unidad. Se imparte un seminario a la semana, durante todo el cuatrimestre, sobre temas específicos relacionados con los contenidos y sus aplicaciones, que se programan al inicio del cuatrimestre de forma acoplada al desarrollo del Módulo. Estos seminarios son impartidos por profesores del Programa de Posgrado al que pertenece el Máster o expertos en el tema abordado, durante una hora, y se reserva tiempo a continuación para que los alumnos intervengan haciendo preguntas y fomentando un pequeño coloquio.

4. Trabajo personal del alumno. Supone un 30% de las horas totales asignadas a la Unidad dentro del Módulo, de forma media para lograr un aprovechamiento adecuado de sus contenidos. El alumno estudiará estos, realizará los ejercicios propuestos en clase a tal fin así como los informes de las actividades prácticas desarrolladas. Todo este trabajo lo entregará a los profesores participantes en el Módulo, y su valoración forma parte de la evaluación final.

Al principio del curso se proporcionará al alumno la bibliografía recomendada, de carácter básico y de carácter avanzado, y en los distintos bloques de asignatura se le indicará cuáles de los libros listados son más indicados para consultar los aspectos que se están tratando.

El desarrollo de esta Unidad se basa en los conocimientos adquiridos en las cuatro unidades docentes del MC.II del primer cuatrimestre, así como en los correspondientes a las unidades docentes VII.1, VIII.1, previas.

Los casos prácticos se realizan aplicando las herramientas y métodos adquiridos en las unidades docentes I.1, I.3 y I.4 del primer cuatrimestre, que se complementan con técnicas específicas de cálculo y monitorización.

Criterios de evaluación de la UD IX.3

De acuerdo con los criterios de evaluación del MC, la unidad docente se evalúa sobre un total de 100 puntos que valoran de forma ponderada los siguientes aspectos:

- El trabajo personal regular mediante la evaluación de los ejercicios propuestos cada semana (50% de la puntuación total), y de los informes de las actividades prácticas propuestos a lo largo del curso (35% de la puntuación total). La profesora propondrá exámenes específicos en aquellos casos en que la evaluación continua no sea posible, o su resultado no alcance un nivel suficiente.
- El aprovechamiento de los seminarios programados, valorando su participación en el debate posterior y el resumen individual a entregar (5% de la puntuación total).
- Se tendrá en cuenta asimismo la actitud del alumno en relación a las actividades presenciales, asistencia y participación activa (10% de la puntuación total).

Bibliografía de la UD IX.3

Bibliografía básica

- Chapra, S. C. 1997. *Surface water-quality modeling*. McGraw-Hill. Singapore.
- García-Navarro, P., Brufau, P. 2001. *Métodos numéricos para las ecuaciones de flujo transitorio de lámina libre: Aplicación en hidráulica*. Apuntes sin publicar. Zaragoza.
- James, A. (ed.). 1993. *An introduction to water quality modelling*. Wiley. Chichester.
- Jørgensen, S.E., Bendoricchio, G. 2001. *Fundamentals of ecological modelling*. Elsevier. Amsterdam.
- Rubin, H. , Atkinson, J. 2001. *Environmental Fluid Mechanics*. Marcel Dekker. Nueva York
- Wetzel, R. G. 2001. *Limnology: Lake and river ecosystems*. 3rd. Edition. Academic Press. Nueva York

Bibliografía avanzada

- Di Toro, D.M. 2001. *Sediment Flux Modeling*. J. Wiley and Sons., New York.
- Cunge, J. A., Holly, F. M., Verwey, A. 1980. *Practical aspects of computational river hydraulics*. Pitman, Londres.
- Fischer, H. B., E. J. List, R. C. Y. Koh, J. Imberger, N. H. Brooks. 1979. *Mixing in Inland and Coastal Waters*. Academic Press, Nueva York.
- Hirsch, C. 2001. *Numerical computation of internal and external flows, vol. I: Computational methods of inviscid and flows*. J. Wiley. Nueva York.
- Rutherford, J.C. 1994. *River mixing*. Wiley. Chichester.