

MC.VII Procesos hidrológicos

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:

UDVII.1 Hidrología dinámica (3.5 ECTS)

UDVII.2 Procesos en la interfaz suelo-agua-planta (2.5 ECTS)

con objetivos, contenidos, métodos docentes y bibliografía específicos que se complementan entre sí. En la programación del cuatrimestre, es el primer módulo de conocimiento que se imparte, y en él se apoya el resto de módulos de esta especialidad.

Objetivos del MC.VII

Competencias genéricas

El alumno mejorará su capacidad de:

- comprensión de los procesos hidrológicos
- modelado de los procesos hidrológicos

Competencias específicas

El alumno profundizará en el conocimiento de los procesos que constituyen el ciclo hidrológico y en su modelado, con haciendo referencia a las escalas espaciotemporales para su definición, y con especial hincapié en:

- la relación entre la topografía y la respuesta hidrológica a escala de cuenca
- el papel que la interfaz suelo-agua-planta, lo que se conoce como Zona No Saturada (ZNS) del suelo, juega en el balance de agua, energía y transporte de sustancias a través del suelo

Métodos docentes del MC.VII

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 MC.VII

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 VII.1 Hidrología dinámica (3.5 ECTS)

Objetivos de la UD VII.1

Competencias específicas

El alumno sabrá/ comprenderá:

- Realizar exploración de los depósitos y procesos del ciclo hidrológico.
- Comprender los procesos de evaporación y condensación del agua en la atmósfera.
- Presentar métodos y algunas soluciones para describir la transformación de lluvia en escorrentía, así como de recarga y descarga de acuíferos freáticos.
- Abordar el análisis estocástico de la humedad del suelo.

En concreto, el alumno será capaz de:

- Analizar los procesos hidrológicos relacionados con el manejo de cuencas.
- Elaborar modelos descriptivos y predictores de los principales procesos.

Contenidos de la UD VII.1

Bloque I. Ciclo hidrológico y procesos en la atmósfera.

Tema 1. El ciclo hidrológico: depósitos y procesos.

- El ciclo del agua. Depósitos y procesos.
- Tiempo de residencia.
- Rama agrológica
- Balances hidrológicos.
- Mecanismos de transporte en medio fluido. Procesos difusivos y semejanza

Tema 2. Procesos atmosféricos

- Condensación y evaporación en la atmósfera. La hipótesis de complementariedad
- Reciclado de precipitación. Hipótesis de complementariedad. Modelo de forzado y restauración
- Modelos de probabilidad para analizar la ocurrencia de los fenómenos meteorológicos
- Análisis de la intensidad, duración y frecuencia de la lluvia
- Distribución espacial de la lluvia: análisis regional

Bloque II. Flujo de agua superficial y subterráneo

Tema 3. Retención y transmisión del agua en el suelo

- Propiedades físicas del suelo
- Curvas de expansión, retención de agua y conductividad hidráulica del suelo
- Ecuaciones de flujo. Infiltración, redistribución y evaporación en el suelo
- Inicio de la escorrentía: excesos hortonianos y dunneanos
- Influencia de la variabilidad espacial de las propiedades del suelo
- Modelo de Freeze

Tema 4. Flujo subterráneo

- Ecuaciones del flujo subterráneo. Estimación de los parámetros
- Interfaz salino-dulce
- Ecuación de Boussinesq
- Procesos de recarga y descarga en ladera. Propuesta de la metaladera del Grupo de Gante
- La función de respuesta instantánea de Brutsaert
- Estimación del flujo base

Tema 5. Hidrología de superficie

- Aplicación de la teoría de los sistemas lineales a la Hidrología de superficie: el hidrograma unitario, HU
- HU sintéticos. HUI. Estimación de parámetros: el teorema de los momentos de Nash
- Ecuaciones de St.-Venant. Desarrollo y simplificaciones: onda cinemática y onda difusiva
- Circulación de flujos hidráulica e hidrológica.
- Características de la cuenca: función de anchura e HUIG

Bloque III. Modelos hidrológicos

Tema 6. Modelos hidrológicos

- Representación sencilla de procesos hidrológicos
- Análisis estocástico de la humedad del suelo
- Análisis de flujos superficiales

Métodos docentes de la UD VII.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, un caso práctico relacionado con los contenidos del Módulo, en el que aplican de forma conjunta el conocimiento y capacidades adquiridas durante el desarrollo de las dos unidades docentes, cuya duración excede la de un ejercicio o problema de clase, y para lo cual tienen que desarrollar algoritmos propios de cálculo y su programación, analizar los resultados obtenidos y proporcionar su representación gráfica de forma adecuada. Al término de la actividad, 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 los contenidos de los temas 3 y 4 se realizará de forma acoplada con la unidad docente VII.2. Los conocimientos adquiridos en el bloque II sirven de base para la unidad docente VIII.2 y los MC.IX y MC.X.

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

Criterios de evaluación de la UD VII.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 VII.1

Bibliografía básica

- Bras, R.L. 1990. Hydrology. Addison-Wesley, Reading.
- Brutsaert, W. 2005. Hydrology. Cambridge Univ. Press. Cambridge

Bibliografía avanzada

- K.J. Beven. 2000. Rainfall-Runoff Modelling: The Primer. J. Wiley. Chichester.

- Q. Duan, H.V. Gupta, S. Sorooshian, A.N. Rousseau y R. Turcotte. eds. 2002. Calibration of watershed models. Amer. Geophys. Union. Water Science and Applications 6. Washington.
- P.S. Eagleson. 2002, Ecohydrology. Cambridge Univ. Press. Cambridge.
- I. Rodríguez-Iturbe y A. Rinaldo. 1997. Fractal river networks. Cambridge Univ. Press. Cambridge.
- R.E. Smith. 2002. Infiltration theory for hydrologic applications. Amer. Geophys. Union. Washington
- O.D.L. Strack. 1989. Groundwater mechanics. Prentice-Hall. Englewood Cliffs.
- R.B. Stull. 2000. Meteorology for scientists and engineers. 2ªed. Brooks/Cole. Pacific Grove.

UDVII.2 Procesos en la interfaz suelo-agua-planta (3.5 ECTS)

Objetivos de la UD VII.2

Competencias específicas

El alumno sabrá/ comprenderá:

- Ecuaciones de balance de masa y energía en la interfaz suelo-agua-planta.
- Caracterización del control ejercido por la cubierta vegetal.
- Análisis de los efectos de escala y parametrización de los procesos hidrológicos y flujos asociados

El alumno será capaz de:

- Plantear problemas de intercambio de agua, sustancias y energía en dicha interfaz
- Identificar y modelar los procesos dominantes a diferentes escalas
- Evaluar la influencia y dependencia de la cubierta vegetal en dichos procesos, con capacidad de discriminación entre tipos/especies de cubiertas.
- Modelar con base física dichos procesos en la interfaz suelo-agua-planta, incluyendo el diseño experimental necesario para cuantificar y/o medir sus parámetros descriptores.

Contenidos de la UD VII.2

Bloque I: Interfaz suelo-agua-planta

Tema 1. Zona no saturada (ZNS) del suelo y balance de masa y energía

- Estructura de la ZNS
- Ecuaciones de balance de agua y energía. Términos de flujo de agua.
- El papel de la cubierta vegetal en los procesos en la ZNS
- Dinámica de solutos en la ZNS. Sorción.

Tema 2. Movimiento del agua en el suelo

- Potencial del agua en el suelo. Curvas características
- Flujo de agua en medio poroso
- Ec. de Richards
- Soluciones analíticas de Green y Ampt, Philip para condiciones saturadas.
- Condiciones no saturadas. Redistribución del agua en el suelo

Tema 3. Transporte de sustancias a través del suelo

- Curvas de ruptura

- Ec. de advección-difusión en medio poroso
- Sustancias reactivas
- Curvas de adsorción-desorción
- Soluciones analíticas de la ecuación de advección-dispersión (1D) en medio poroso

Tema 4. Balance de energía en la ZNS

- Términos de flujo de energía en la ecuación de balance
- Evaporación desde el suelo.
- Consumo de agua de la cubierta vegetal
- Ecuación de Penman-Monteith y aproximación de Hargreaves

Bloque II: El papel regulador del suelo y la planta en el balance de masa y energía a diferentes escalas espaciotemporales

Tema 5. Acople de los balances de masa y energía en la ZNS

- Escala espacial y escala temporal
- Modelos hidrológicos simplificados

Tema 6. Aplicaciones y efectos de escala.

- Efectos de escala y calibración de modelos
- Modelos paramétricos

Métodos docentes de la UD VII.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. 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 los profesores, un caso práctico relacionado con los contenidos del Módulo, en el que aplican de forma conjunta el conocimiento y capacidades adquiridas durante el desarrollo de las dos unidades docentes, cuya duración excede la de un ejercicio o problema de clase, y para lo cual tienen que desarrollar algoritmos propios de cálculo y su programación, analizar los resultados obtenidos y proporcionar su representación gráfica de forma adecuada. Al término de la actividad, el alumno entrega un informe, cuya valoración se incluye en la evaluación final de la Unidad.

b) Prácticas de laboratorio. Se realizan dos prácticas de laboratorio, con el fin de familiarizar al alumno con la toma de medidas en el ámbito de la Unidad, para alimentar los modelos de los procesos estudiados en clase. La información adquirida se utiliza en las actividades prácticas propuestas en el apartado a).

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 los contenidos de los temas del Bloque I se realiza apoyado en los fundamentos desarrollados en la unidad docente II.3 del primer cuatrimestre, y de forma acoplada al tema 3 de la unidad docente VII.1. La realización de ejercicios y casos prácticos se apoya en las herramientas y métodos de las unidades docentes I.1 y I.3.

Criterios de evaluación de la UD VII.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 VII.2

Bibliografía básica

- Hillel, D. 1998. Environmental Soil Physics. Academic Press, San Diego.
- Jury, W.A., Horton, R. 2004. Soil Physics. Wiley.
- Soil Sci. Soc. Am. (varios autores) 1992. Advances in Measurement of Soil Physical Properties: Bringing Theory into Practice. SSSA, Madison.

Bibliografía avanzada

- Bear, J. 1988. Dynamics of fluids in porous media. Dover. Nueva York

- Campbell, G.S y Norman, J.M. 1998. An Introduction to Environmental Biophysics, 2ª ed. Springer, Nueva York
- Jørgensen, S.E., G. Bendoricchio.2001. Fundamentals of ecological modelling. Elsevier. Amsterdam
- Muñoz-Carpena, R. y Álvarez-Benedí, J. (Eds). 2005. Soil-water-solute process characterization (an integrated approach). CRC Press, Londres.
- Stumm, W. y J.J. Morgan. 1990. Aquatic Chemistry. Wiley. Nueva York
- Warrick, A.W. 2003. Soil Water Dynamics. Oxford University Press. Nueva York
- www.zonanosaturada.com