

DINÁMICA DE LOS FLUJOS
BIOGEOQUÍMICOS Y SUS
APLICACIONES

Mención de Calidad en la Convocatoria 2003
(MCD2003-00521)

Programación académica para el curso
2004-2005

Programa de Doctorado

*Universidades de Granada, Córdoba, Málaga, y Sevilla y los
Institutos de Ciencias de la Tierra y Agricultura Sostenible*

14 de octubre de 2004

Índice general

1. Introducción	9
1.0.1. Fundamentos de la dinámica de flujos ambientales . . .	11
1.0.2. Áreas de especialización	12
1.1. Organización del Programa: 2004-2005	13
1.2. Docentes, Coordinadores y Tutores	16
1.3. El Proyecto Guadalfeo	18
1.3.1. Motivación: Flujos biogeoquímicos en los embalses de Andalucía	19
2. Primer Cuatrimestre	25
2.1. Introducción	25
2.1.1. Asignaturas	25
2.1.2. Lugar de la docencia	25
2.1.3. Horario de docencia y prácticas	25
2.2. Objetivos, programas y fuentes	26
2.2.1. Fundamentos de mecánica de fluidos	26
2.2.2. Procesos Estocásticos y Tratamiento de Señales	29
2.2.3. Ecología	33
2.2.4. Métodos numéricos y experimentales	37
3. Segundo Cuatrimestre	43
3.0.5. Introducción	43
3.0.6. Seminarios	44
3.1. Especialidad I: Ecosistemas acuáticos	44
3.1.1. Bases ecológicas para la gestión de aguas continentales	44
3.1.2. Técnicas y métodos de estudio de ecosistemas pelágicos	47
3.1.3. El impacto ambiental y la gestión de los espacios litorales	49
3.1.4. Seminarios	51
3.2. Especialidad II: Agua y suelo en ecosistemas agrícolas y nat- urales	51
3.2.1. Hidrología superficial y subterránea	51

3.2.2.	Procesos biogeoquímicos y calidad ambiental	53
3.2.3.	Biofísica ambiental y producción en ecosistemas terrestres	56
3.2.4.	Aplicación de la detección y SIG a la Ingeniería Ambiental.	58
3.3.	Especialidad III: Morfodinámica fluvial y litoral	59
3.3.1.	Procesos morfodinámicos fluvial y litoral	60
3.3.2.	Objetivos	60
3.3.3.	Dinámica de fluidos geofísicos	62
3.3.4.	Circulación en ríos y embalses y calidad de las aguas	64
3.3.5.	Bibliografía	67
3.3.6.	Gestión integrada de las cuencas y de sus áreas litorales	67
4.	Líneas de Investigación Tutelada	71
4.0.7.	Dinámica de flujos ambientales: General	71
4.0.8.	Especialidad I: Ecosistemas acuáticos	71
4.0.9.	Especialidad II: Agua y suelo en ecosistemas agrícolas y naturales	72
4.0.10.	Especialidad III: Morfodinámica fluvial y litoral	74

Antecedentes

El Programa de doctorado **DINÁMICA DE LOS FLUJOS BIOGEOQUÍMICOS Y SUS APLICACIONES** está presentado por las Universidades de Granada UGR, Córdoba UCO, Málaga UMA y Sevilla US y los Institutos de Ciencias de la Tierra (IACT, CSIC-UGR) y de Agricultura Sostenible (IAS, CSIC-UCO) y ha obtenido la Mención de Calidad en la convocatoria de 18 de Noviembre publicada en el B.O.E. número 301, págs. 44207-12, MCD2003-00521.

Este documento se adjunta a la solicitud de renovación del programa para el curso 2004-2005, convocatoria publicada ECD/2003, de 19 de noviembre de 2003: SOLICITUD DE MENCIÓN DE CALIDAD EN LOS PROGRAMAS DE DOCTORADO DE LAS UNIVERSIDADES ESPAÑOLAS PARA EL CURSO ACADÉMICO 2004-2005.

Durante el curso 2003-2004 están atendiendo este Programa doce alumnos que desde el 3 de Noviembre de 2003 están atendiendo regularmente las asignaturas del primer cuatrimestre, Ecología, Fundamentos de mecánica de fluidos, Procesos estocásticos y tratamiento de señales y Métodos numéricos y experimentales, de acuerdo con el calendario de docencia establecido. Se incluye un Anejo en el que se proporciona la información relativa a dichos cursos, los profesores y los temas que han impartido y las asistencias. Además

se relacionan los seminarios que se van a impartir a lo largo de los meses de febrero y marzo. Esta información se puede encontrar, así mismo en la página web www.dinamicaambiental.com/programaphd.

Datos administrativos del Programa

En este apartado se presentan de forma resumida los aspectos administrativos y legales del programa.

Título del Programa

Dinámica de flujos ambientales y sus aplicaciones

Universidades e Institutos de Investigación participantes:

Universidad de Granada UGR (responsable del Programa)
Universidad de Córdoba UCO
Universidad de Málaga UMA
Universidad de Sevilla, US
Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, IACT (CSIC-UGR)
Instituto de Agricultura Sostenible, IAS (CSIC-UCO)

Departamentos y Grupos de Investigación

- Por la Universidad de Granada:

Dpto. Mecánica de los Medios Continuos y Cálculo de Estructuras
Grupo de Dinámica de fluidos ambientales sección marina, TEP 209
Dpto. Biología Animal y Ecología e Instituto del Agua
Grupo de Redes tróficas pelágicas continentales, GRT: RNM 125

- Por la Universidad de Córdoba:

Dpto. Agronomía
Grupo de Hidrología e hidráulica agrícola, GHHA: AGR 127
Grupo de Relaciones suelo-agua-planta, GRSAP: AGR 119

- Por la Universidad de Málaga:

Dpto. Ingeniería Mecánica y Mecánica de Fluidos
Grupo de Mecánica de Fluidos, GMF_UMA: TEP 146
Dpto. Ecología y Geología
Grupo de Ecofisiología de Sistemas Acuáticos, GESA: RNM 176

Grupo de Ecología marina y limnología, GEML: RNM 192

Dpto. Física Aplicada II

Grupo de Oceanografía Física, GOF: RNM 137

- Por la Universidad de Sevilla

Dpto. Biología Vegetal y Ecología

Grupo de Ecología de Aguas Continentales, GEAC: RNM 140

Dpto. Ingeniería Energética y Mecánica de Fluidos

Grupo de Mecánica de Fluidos, GMF_US: TEP 103

Dpto. Ecuaciones Diferenciales y Análisis Numérico

Grupo de Análisis Numérico, Métodos Informáticos y Mecánica de Fluidos Computacional, GAMFC: FQM0120

- Por el Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra

Grupo de Dinámica de fluidos ambientales sección marina, DFA: TEP 209

- Por el Instituto de Agricultura Sostenible

Grupo de Relaciones suelo-agua-planta, GRSAP: AGR 119

Coordinadores del Programa y Especialidades

Coordinador del programa (UGR):

Prof. Miguel Ángel Losada Rodríguez, mlosada@ugr.es

Coordinador en la UCO:

Prof. Juan Vicente Giráldez Cervera, ag1gicej@uco.es

Coordinador en la UMA:

Prof. Jaime Rodríguez Martínez, jaime@uma.es

Coordinador en la US:

Prof. Miguel Angel Herrada, herrada@eurus2.us.es

Coordinador en el IACT:

Prof. Andrés Maldonado López, amaldona@ugr.es

Coordinador en la IAS:

Prof. Elías Fereres Castiel, ag1fecae@uco.es

Matrícula en el Programa

En cada una de las Universidades y página web.

Preinscripción.

Las personas interesadas en el Programa pueden realizar una preinscripción en la página web del programa de doctorado:

[www.dinamicaambiental.com/programa de doctorado](http://www.dinamicaambiental.com/programa%20de%20doctorado)

Capítulo 1

Introducción

Los procesos biogeoquímicos en ecosistemas acuáticos, terrestres y aéreos dependen en gran medida de los procesos físicos de transporte y mezcla en fluidos. En ecosistemas acuáticos y aéreos los procesos de transporte y mezcla no solo dictan la posición espacio-temporal de partículas en suspensión y sustancias disueltas, sino que también dictan las condiciones ambientales en que los procesos biogeoquímicos tienen lugar. La dinámica de poblaciones biológicas está, condicionada, entre otros, por la disponibilidad de recursos (nutrientes minerales y luz, en el caso de organismos autótrofos) y el marco de condiciones existentes, entre las cuales, las condiciones térmicas -determinadas, a su vez, por procesos de transporte y de mezcla- juegan un papel decisivo.

En los ecosistemas terrestres es el flujo de agua en el subsuelo y desde el subsuelo a la atmósfera a través de la interfaz suelo-cubiertas vegetal el que sirve de vehículo para el movimiento de agua y nutrientes.

En consecuencia, para entender la dinámica de poblaciones y los ciclos biogeoquímicos en la capa límite planetaria, ríos, embalses y en el medio marino es necesario describir y caracterizar correctamente la distribución espacio-temporal de los factores de crecimiento (nutrientes, luz, ...), los cuales dependen del flujo de los fluidos, agua y aire, que los transportan.

Este programa de doctorado se dedica a la descripción, caracterización y modelado de los procesos biogeoquímicos que intervienen en la calidad de la vida y en el funcionamiento de los sistemas, que están gobernados principalmente por los gradientes de los flujos de sustancias conservativas y no conservativas durante su transporte por los fluidos ambientales. Este enfoque tiene un fundamento entroncado en el mundo de la física-matemática y su conocimiento es imprescindible tanto para el aprendizaje como para la realización de los trabajos docentes e investigación tutelada.

Objetivos generales

El objetivo general de este programa es proporcionar los fundamentos en dinámica de fluidos, ecosistemas acuáticos, procesos morfodinámicos y biogeoquímicos, y métodos numéricos y experimentales necesarios para la comprensión, la investigación, el manejo y la gestión de los sistemas de modelado de la calidad del agua y del aire.

Estos objetivos generales se proporcionan mediante la consecución de los siguientes objetivos específicos.

Objetivos Específicos

Proporcionar el conocimiento y fundamentos de la dinámica de flujos biogeoquímicos y ambientales, desarrollando en el alumno las capacidades de estudio, análisis e investigación; ilustrando el manejo de herramientas numéricas y experimentales y fomentando la visión integradora de los procesos biogeoquímicos y de sus aplicaciones.

Los objetivos específicos en Ecosistemas acuáticos son el estudio de la estructura y dinámica de los ecosistemas acuáticos reconociendo la manifestación más notoria del funcionamiento de la biosfera; apreciando el “continuo” de condiciones y procesos que se manifiesta entre los ecosistemas acuáticos epicontinentales y el océano, destacando el espacio litoral como ecotono de singulares características, así como la relevancia de las interacciones (en escalas espacio-temporales diferentes) entre la hidrosfera y la atmósfera..

Se pretende, además, reconocer el papel de los ecosistemas acuáticos como sensores de cambios naturales y de perturbaciones relacionadas con las actividades humanas, cuyo estudio eficiente reclama el conocimiento y la aplicación de (nuevas) herramientas en la obtención de datos y en la gestión de la información.

Los objetivos específicos en el ámbito del Agua y suelo en ecosistemas agrícolas y naturales son conocer el funcionamiento de los ecosistemas en lo que se refiere a la dinámica, manejo y conservación de los recursos agua y suelo, evaluando la productividad y la sustentabilidad de los ecosistemas en función de los recursos citados. La escasez y la calidad del agua y del suelo serán elementos determinantes en el futuro de las regiones semiáridas, por lo que es imperativo avanzar en la formación de investigadores en esta especialidad.

Los objetivos específicos en la Morfodinámica fluvial y litoral y en los procesos de circulación son establecer un conocimiento científico y tecnológico de los procesos físicos fundamentales responsables del transporte y mezcla en

el medio acuático, analizando las distintas herramientas teóricas, numéricas y experimentales y su importancia en el desarrollo de los ciclos biogeoquímicos en sistemas naturales. Proporcionar una formación en fluidos geofísicos que ayude a entender el funcionamiento de los mares y océanos a meso-escala, aplicando estos métodos y técnicas a la formación y evolución de las formas fluviales y litorales, interpretar la movilidad espacial y temporal de los cursos fluviales y de la costa en función de la variabilidad temporal y espacial de los agentes atmosféricos y oceanográficos y de la respuesta.

Afinidad de fundamentos teóricos

La dinámica de flujos biogeoquímicos tiene fundamentos científico y técnico comunes y aunque sus aplicaciones hayan sido desarrolladas en áreas de conocimiento diferentes, en la actualidad se debe elaborar desde una perspectiva integradora buscando respuestas integrales sobre la calidad del agua y del aire y de los procesos asociados a estos dos fluidos, tal y como demanda la nueva directiva marco del agua comunitaria.

Este Programa de Doctorado nace con la intención de instalarse en el espacio intelectual y formal de la dinámica de flujos biogeoquímicos proporcionando conceptos, métodos y técnicas para una aplicación rigurosa, científica y tecnológica en el diagnóstico y el pronóstico de la calidad del agua y del aire y de los procesos biogeoquímicos asociados.

Al objeto de garantizar la afinidad de planteamientos, análisis y métodos la docencia del programa de doctorado se estructura en dos cuatrimestres, uno común a todos los alumnos y otro de especialidad. En la parte común se imparten cursos principalmente orientados a la formación básica del alumno y a buscar la homogeneización de sus conocimientos, dado los curricula tan diversos que pueden acceder al programa. De esta forma también se pretende alcanzar una homogeneización en los métodos y técnicas utilizadas en las diferentes especializaciones, evitando de esa forma que el alumno reciba los mismos conceptos como si fueran “cosas” diferentes.

Los objetivos anteriores se pueden alcanzar por diversos caminos que este programa de doctorado trata de unir y coordinar. Estos son: el análisis teórico, los modelos físicos experimentales en el laboratorio y en la naturaleza y los modelos numéricos.

1.0.1. Fundamentos de la dinámica de flujos ambientales

El primer cuatrimestre se dedica a proporcionar al alumnos los fundamentos técnicos y científicos para el estudio y la aplicación de la dinámica

de los flujos ambientales. La sede de este curso básico es la Universidad de Granada, Centro Andaluz de Medio Ambiente, CEAMA y participan los grupos de investigación, siendo el Coordinador el prof. Losada Rodríguez (UGR).

Los objetivos del curso general que se imparte en el primer cuatrimestre son proporcionar a los alumnos los conocimientos, métodos y las herramientas necesarias para la comprensión y modelización de los procesos de la dinámica de los flujos ambientales. Estos objetivos se concretan en cuatro asignaturas, una dedicada a proporcionar los fundamentos de la dinámica de fluidos, otra a proporcionar los fundamentos de la ecología y dos más orientadas a la formación en las técnicas experimentales y del tratamiento de señales y en la formulación de los problemas de contorno y sus soluciones analíticas y numéricas.

1.0.2. Áreas de especialización

En el segundo cuatrimestre se organiza en tres áreas de especialización, cuya denominación, sede y profesor responsable son los siguientes:

Especialidad I: Ecosistemas acuáticos.

Sede: Universidad de Málaga

Participan los siguientes grupos de investigación: GEAC, GEML y GESA

Coordinador: Jaime Rodríguez Martínez

Especialidad II: Agua y suelo en ecosistemas agrícolas y naturales.

Sede: Universidad de Córdoba

Participan los siguientes grupos de investigación: GHHA y GAS

Coordinador: Juan Vicente Giráldez Cervera

Especialidad III: Morfodinámica fluvial y litoral.

Sede: Universidad de Granada

Participan los siguientes grupos de investigación: GPyC, GRyE, GHHA, GOF y GMA

Coordinador: Miguel Ángel Losada Rodríguez

Justificación y objetivos de cada especialidad

La especialidad en **Ecosistemas Acuáticos** tiene como objetivo extender los contenidos teóricos y prácticos en relación con sistemas sometidos a fuerte presión de origen antropogénico (como son las cuencas hidrográficas, el medio litoral y las aguas costeras), particularmente en lo que se refiere a

- (1) Métodos y técnicas experimentales aplicables,
- (2) Estructura y comportamiento dinámico, y

(3) Bases prácticas para la gestión y restauración de este tipo de ecosistemas.

Estos cursos se impartirán en la Universidad de Málaga.

En la especialidad **Agua y suelo en ecosistemas agrícolas y naturales** se analiza el incremento del uso del agua tanto para fines agrícolas como urbanos, así como las fluctuaciones climáticas, que ponen en evidencia en ocasiones la fragilidad de nuestra sociedad. A tal objeto se requiere un mejor conocimiento de los recursos hídricos, su ocurrencia, y aprovechamiento, incluyendo cantidad y calidad, sin olvidar la relación del recurso con la producción de alimentos. Los cursos que se ofrecen en esta especialidad enfocan estos aspectos, desde una perspectiva general (Hidrología), con sus implicaciones regionales (Teledetección y Gis en ingeniería ambiental), los aspectos biofísicos (Biofísica ambiental), y los problemas de conservación de la calidad ambiental, ligados al usos del agua (Procesos biogeoquímicos). Estos cursos se impartirán en la Universidad de Córdoba.

Los objetivos de la especialidad en **Morfodinámica fluvial y ambiental** son completar la formación del alumno para dotarle de destreza en la elaboración de modelos y gestión de los procesos morfodinámicos en ríos, embalses y litoral considerando su evolución temporal y espacial. Esta destreza es el fundamento para la gestión de las riberas. A tal efecto se proponen una serie de asignaturas que complementan la formación recibida en el primer cuatrimestre y proporcionan los conocimientos y los métodos computacionales relacionados con el movimiento de las masas de agua y su capacidad de transportar sedimentos y nutrientes: Procesos morfodinámicos fluvial y litoral, dinámica de flujos gósficos, circulación en ríos y embalses y gestión integrada de las cuencas y sus áreas litorales. Estos cursos se impartirán en la Universidad de Granada.

1.1. Organización del Programa: 2004-2005

Para alcanzar estos objetivos la organización docente del Programa para el curso académico 2004-2005 es la que sigue.

Periodo de docencia: Curso 2004-2005

El primer año docente se organiza en dos cuatrimestres. En el primero de ellos se desarrollará íntegramente en la Universidad de Granada y en él se impartirán cuatro asignaturas fundamentales, que serán obligatorias para todos los alumnos matriculados en el programa. Con ellas el alumno podrá obtener hasta un máximo de 14 créditos.

El objetivo principal de este cuatrimestre es proporcionar a todos los alumnos del programa, independientemente de su título universitario, la formación básica y los fundamentos teóricos necesarios para la realización de una investigación tutelada y, en su caso, de una tesis doctoral rigurosa y científica.

El segundo cuatrimestre se desarrollará en cada una de las Universidades que participan en el programa y que son la sede principal de un área de especialización. En ella se impartirán, al menos, tres asignaturas fundamentales de las cuales, dos serán obligatorias para el alumno de esa especialidad. Con ellas el alumno podrá obtener hasta un máximo de 12 créditos.

Asignatura como prerrequisito.

Es razonable esperar que un determinado número de alumnos no tenga la formación mínima requerida para poder aprovechar adecuadamente la docencia del primer año. Por ello se propone que, cuando un alumno solicita la inscripción en el Programa antes de su aceptación se le envíe un cuestionario sobre temas de física-matemática, principalmente, de cuyo resultado dependerá la necesidad o no de realizar una asignatura de adaptación. La superación de dicha asignatura será un prerrequisito para todos aquellos alumnos que habiendo solicitado la inscripción en el programa no superen la prueba del cuestionario. La asignatura se denominará "Matemáticas avanzadas para la dinámica de fluidos" será impartida por la profa. Asunción Baquerizo en Granada, antes de iniciarse la docencia del programa, durante el mes de octubre en Granada y tendrá un equivalente de 4 créditos.

Periodo de investigación tutelada: curso 2005-2006

Los alumnos que habiendo aprobado las asignaturas del primer curso con un total de créditos igual o superior a 20 podrán matricularse en el segundo curso académico para realizar la investigación tutelada según los requisitos que se especifican en el apartado: investigación tutelada de esta memoria.

Los alumnos matriculados en el periodo de docencia en el curso 2004-2005 y que hayan superado las asignaturas correspondientes por un total de créditos igual o superior a 20, podrán realizar, en el segundo año el periodo de investigación tutelada en el ámbito de trabajo del grupo de investigación que haya desarrollado la docencia de especialización. Los temas de investigación tutelada que se proponen por especialización, indicando los grupos de investigación y tutores responsables se incluyen en el capítulo Investigación tutelada.

Seminarios

Se pretende que el alumno, además de la formación teórica, ejercite la docencia y la presentación de trabajos de investigación y reciba las enseñanzas de otros investigadores. Por ello durante los meses de enero y febrero se programan seminarios impartidos por investigadores de los grupos de investigación participantes en el programa. Además en el segundo cuatrimestre se imparten seminarios en cada una de las sedes de especialidad que serán atendidos por todos los alumnos matriculados en el programa.

Adscripción a Grupos de Investigación, tutores docentes y de investigación.

Los alumnos que quieran participar en este programa de doctorado, deberán matricularse oficialmente en una de las cuatro Universidades que participan en el mismo y deberán de estar adscritos a uno de los Grupos de Investigación que son responsables de la docencia e investigación tutelada. Para ello, conjuntamente con el anuncio del programa y la convocatoria de alumnos, cada Grupo de Investigación publicará la lista de vacantes disponible en su ámbito de trabajo para que el alumno solicite su adscripción.

Cada alumno matriculado en el doctorado estará adscrito a uno de los Grupos de Investigación que participa en el Programa. Tanto la parte general del Programa como cada una de las áreas de especialidad tienen un tutor docente que asesorará a los alumnos en la selección de las asignaturas y en los problemas que puedan surgir durante la docencia práctica.

En el segundo año del programa los alumnos que hayan superado 20 créditos docentes, podrán realizar la investigación tutelada. La oferta de profesores que realizarán la tarea de profesor tutor de investigación se adjunta más abajo y los temas propuestos se incluyen en el capítulo cuarto. Cada profesor tutelaré un máximo de dos alumnos por curso académico.

Docencia

Las clases se impartirán en dos días consecutivos, quedando el resto de los días de la semana para atender los seminarios y realizar los trabajos de curso y las tareas encomendadas en el ámbito del grupo de investigación al que se encuentre adscrito el alumno.

Las asignaturas del primer cuatrimestre se iniciarán el lunes día 2 de noviembre y finalizarán el martes día 1 de marzo. El lugar de docencia y los horarios para las asignaturas del segundo cuatrimestre se proporcionarán en el mes de febrero de 2005. En el caso de que uno de los días de clase sea festivo se trasladará al primer día lectivo.

1.2. Docentes, Coordinadores y Tutores

Los profesores participantes en el Programa ordenados por su responsabilidad docente, de investigación tutelada y de coordinación es la siguiente:

■ Fundamentos de la dinámica de flujos ambientales

Coordinador: Prof. Miguel A. Losada Rodríguez (UGR)

Tutor docente. Profa. Asunción Baquerizo Azofra (UGR)

Fundamentos de mecánica de fluidos, 4 créditos

Profs. Ramón Fernández-Feria, (UMA) y Pablo Ortiz (UGR)

Ecología, 3 créditos

Profs. Jaime Rodríguez, (UMA) y Luis Cruz, (UGR)

Métodos numéricos y experimentales, 4 créditos

Profs Miguel Angel Herrada Gutiérrez, (US) y María José Polo, (UCO)

Procesos estocásticos y tratamiento de señales, 3 créditos

Profs. Miguel A. Losada, (UGR) y Asunción Baquerizo, (UGR)

■ Especialidad I: Ecosistemas Acuáticos

Coordinador del Área: Prof. Jaime Rodríguez Martínez (UMA)

Tutor docente: Prof. Juan Lucena Martín, (UMA)

Técnicas y métodos de estudio de ecosistemas pelágicos, 3 créditos

Profs. Valeriano Rodríguez, (UMA) y José M^a Blanco, (UMA)

Bases ecológicas para la gestión de aguas epicontinentales, 3 créditos

Profs. Juan Lucena (UMA) y Luis Cruz, (UGR)

Impacto ambiental y gestión de espacios litorales, 3 créditos

Profs. F. Xavier Niell, (UMA)

Seminarios: 2 créditos

Profs.: Francisco García Novo, Julia Toja

■ Especialidad II: Agua y suelo en ecosistemas agrícolas y naturales

Coordinador del Área: Juan Vicente Giráldez Cervera (UCO)

Tutor docente:

Hidrología superficial y subterránea, 3 créditos

Profs. Juan Vicente Giráldez, (UCO), José Luis Ayuso, (UCO).

Procesos biogeoquímicos y calidad ambiental, 4 créditos

Profs. María José Polo, (UCO) y Luciano Mateos, (IAS)

Biofísica ambiental y producción en ecosistemas terrestres, 3 créditos

Profs.: Elías Fereres, (UCO-IAS) y Francisco Villalobos, (UCO)

Aplicación de la detección y SIG a la Ingeniería Ambiental

Profs.: Adolfo Peña (UCO) y Dra. M^a Patricia González

■ **Especialidad III: Morfodinámica fluvial y litoral**

Coordinador del Área: Prof. Miguel A. Losada Rodríguez (UGR)

Tutor docente: Profa. Asunción Baquerizo Azofra (UGR)

Procesos morfodinámicos fluvial y litoral, 3 créditos

Profs. Juan Vicente Giráldez, (UCO), Miguel A. Losada, (UGR), Andrés Maldonado, (IACT)

Dinámica de fluidos geofísicos, 3 créditos

Profs. Jesús García Lafuente, (UMA) y Asunción Baquerizo, (UGR).

Circulación en ríos y embalses, 3 créditos

Prof. Tomás Chacón Rebollo (US), Dra. Sánchez Badorrey (UGR)

Gestión integrada de cuencas y de sus áreas litorales

Prof. Xavier Niell Castanera (UMA) 3 créditos.

Tutores de investigación

Fundamentos de la Dinámica de flujos ambientales

Prof. Fernández-Feria (UMA)

Prof. Ortega Casanova (UMA)

Prof. Ortiz Rossini (UGR)

Prof. Herrada Gutierrez (US)

Dra. Sánchez Badorrey (UGR)

Profa Baquerizo Azofra (UGR)

Prof. Losada Rodríguez (UGR)

Especialidad I: Ecosistemas acuáticos

Prof. Niell Castanera (UMA)

Prof. Cruz Pizarro (UGR)

Prof. Rodríguez Martínez (UMA)

Prof. Blanco (UMA)

Prof. Lucena (UMA)

Tutor docente: Prof. Lucena (UMA)

Especialidad II: Agua y suelo en ecosistemas agrícolas y naturales

Prof. Giráldez Cervera (UCO)

Profa. Polo Gómez (UCO)

Prof. Fereres Castiel(UCO-IAS)

Prof. Mateos (IAS)

Prof. Villalobos (IAS)

Dr. Orgaz Rosua (UCO)

Tutor docente: Prof. Peña Acevedo (UCO)

Especialidad III: Morfodinámica fluvial y litoral

Profa. Baquerizo Azofra (UGR)
Prof. García Lafuente (UMA)
Prof. Maldonado López (IACT-UGR)
Prof. Chacón Rebollo (US)
Prof. Niell Castanera (UMA)
Prof. Losada Rodríguez (UGR)
Dra. Sánchez Badorrey (UGR)
Tutor docente: Profa Baquerizo Azofra (UGR)

1.3. El Proyecto Guadalfeo

La mayor parte de las actividades que el alumno realizará en las asignaturas a cursar estarán relacionadas con el "Estudio Piloto para la Gestión Integrada de la Cuenca Hidrográfica del Río Guadalfeo" que los Grupos de Investigación participantes en el programa viene desarrollando bajo el patrocinio económico del Instituto del Agua de la Consejería de Obras Públicas de la Junta de Andalucía.

Este proyecto surgió al observar la necesidad de llevar a cabo estudios acerca de la problemática que la mayoría de los embalses construidos pueden sufrir, y que afecta en gran medida a su capacidad y régimen de explotación: la colmatación del vaso del embalse por material sólido aportado por la dinámica fluvial.

Debido a esta necesidad y tras admitir que dicha problemática está muy avanzada en nuestra región, dadas las altas tasas de acarreo que producen los ríos andaluces y la irregularidad de su régimen pluviométrico y climático, en general, se estimó conveniente la creación de un grupo de trabajo de carácter científico-técnico multidisciplinar especializado que englobase las materias más importantes relacionadas con el tema, y que se dedicara al estudio, análisis e investigación de los procesos ocurridos en los embalses y sus cuencas, proporcionando respuestas destinadas a mejorar la gestión del embalse y de todo el territorio de la cuenca en el que se engloba. A tal efecto se atendería, además de a los procesos de circulación de agua y transporte de sedimentos, a los parámetros relacionados con la calidad de las aguas y los flujos biogeoquímicos que afectan a la vida del embalse, las aguas continentales, superficiales y subterráneas y las aguas marinas.

1.3.1. Motivación: Flujos biogeoquímicos en los embalses de Andalucía

Los embalses constituyen una de las infraestructuras más importantes para llevar a cabo una gestión adecuada del agua de nuestras cuencas; sin embargo, condicionado por numerosos problemas la garantía de que se lleven a cabo correctamente las funciones para las que han sido diseñados, está entre estos, la colmatación de los mismos debido al aporte de gran cantidad de sólidos por parte del río donde se encuentra ubicado el embalse, ocasiona graves perturbaciones en su gestión, ya que afecta directamente a la capacidad del mismo. El peligro de desbordamientos se incrementa notablemente cuando la capacidad del embalse disminuye, y la influencia de la retención de sólidos, río abajo y en el litoral debido al escaso aporte de material que llega al mar, puede provocar regresiones de deltas y playas.

Además, no hay que olvidar las consecuencias generales que ocurren a través del fenómeno del transporte de sedimentos aguas arriba y durante todo el recorrido del río; la pérdida de suelo creciente en las cuencas menos vegetadas y con carácter más torrencial, las lluvias irregulares que caracterizan el clima de Andalucía y la erosión desmesurada en numerosas cuencas de nuestra región hacen que las consecuencias territoriales, económicas, sociales y ambientales, alcancen una magnitud desmesurada a la que hay que dar una solución técnica y científica.

Capacidad de embalse.

El estado de las cuencas fluviales en Andalucía es un tema de gran preocupación ya que en un clima donde la lluvia aparece estacionalmente, es preciso garantizar un suministro continuo de agua, tanto en cantidad como en calidad, y, al mismo tiempo, hay que prevenir los riesgos de inundación por desbordamiento de los cauces y de los embalses situados sobre los mismos. El mantenimiento de un volumen de agua suficiente para sostener los regadíos, el funcionamiento de las centrales hidroeléctricas y otros posibles usos (balsas mineras, regulaciones, etc.) es por tanto una cuestión vital.

En las regiones mediterráneas la estación seca supone una gran dificultad para el mantenimiento de una cubierta vegetal estable. En los períodos prolongados de sequía, incluso la vegetación arbórea se resiente hasta tal punto que especies como la encina parecen secarse. En estas circunstancias la protección del suelo por la cubierta vegetal es bastante precaria. La coincidencia de relieves abruptos y ocurrencia de lluvias intensas y erráticas, especialmente al principio del otoño, da lugar a episodios erosivos que producen una gran cantidad de sedimentos. Aunque gran parte del sedimento puede

quedar retenido en las cuencas, otra parte importante llega a los embalses produciendo su colmatación, así como su contaminación por las sustancias que van disueltas en el agua o adsorbidas en las partículas sólidas. En muchos embalses, especialmente los situados en los cauces principales de los ríos, la eficiencia de retención de sedimento es muy elevada, lo que lleva a una vida útil muy corta, y provoca fenómenos de desbordamiento del cauce cada vez más frecuentes.

La calidad del agua embalsada.

La pérdida de capacidad es una variable que afecta directamente a la cantidad de agua que el embalse puede retener; sin embargo, la calidad es otra variable importante que el embalse debe ser capaz de mantener. Para tener en cuenta esta condición, es necesario, además del estudio de las corrientes de agua y transporte de sedimentos, el análisis y flujo de sustancias que el propio material sólido trae consigo, que caracterizan el agua embalsada y, por ello, condicionan la vida dentro del propio embalse.

Uno de los aspectos importantes que origina el fenómeno del transporte de sedimentos en ríos y la consecuente sedimentación en los embalses ubicados dentro de la cuenca, es la pérdida económica que supone la disminución de la vida útil de un embalse por la creciente pérdida de su capacidad. Esto afecta no sólo al suministro para consumo humano, sino a las aportaciones agrícolas para riegos, las cuales son el sustento económico de muchas regiones que basan su economía más floreciente en la agricultura, como es el caso de la vega costera granadina (Motril y Salobreña).

Los procesos en la cuenca hidrográfica.

Sin embargo a pesar de ser el embalse el centro de atención, son las cuencas, en general, las que tienen que ser estudiadas y caracterizadas para poder llevar a cabo un seguimiento global del comportamiento del territorio de la cuenca, la red de drenaje de la misma, los cauces principales y los embalses situados en dichos cauces.

El transporte de sedimentos se produce a lo largo de todo el río y parte del material se va depositando en la cuenca, retenido en el propio curso del río; las laderas constituyen otro punto importante ya que en numerosas ocasiones la inestabilidad y desprendimientos que se producen en ellas contribuyen al aporte de material sólido del cauce del río. Por este motivo es necesario también caracterizar las laderas de la cuenca, analizando los puntos singulares de deslizamientos.

Es bien conocido, además, que el establecimiento de niveles de base

locales a lo largo de una cuenca fluvial (como son los embalses), supone una modificación en los perfiles de equilibrio aluviales, alterando el balance erosión/sedimentación en determinados tramos del sistema y los estilos fluviales, acarreando importantes consecuencias de índole socio-económica, tanto aguas arriba como aguas abajo de las presas, que deben estar previstas.

Elección de la cuenca del río Guadalfeo.

La cuenca del río Guadalfeo reúne las características propicias para llevar a cabo un estudio piloto para la gestión integrada de cuencas hidrográficas, ya que será posible caracterizar la circulación de sustancias que se está produciendo actualmente y compararla con la que se llevará a cabo una vez terminada la presa de Rules. De esta manera se podrá seguir el proceso de sedimentación desde sus comienzos y brindar las herramientas más avanzadas para su gestión a través de la aplicación de las actuaciones más convenientes necesarias para cumplir con las condiciones legales más exigentes que son las impuestas por la legislación europea. Probablemente la cuenca del río Guadalfeo sea la primera en seguir estrictamente la Directiva Marco de Aguas en cuanto al análisis de los parámetros ambientales y su frecuencia.

La Directiva Marco.

La Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de Octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (la llamada Directa Marco de Aguas), persigue conseguir en el plazo de 15 años un buen estado de todas las aguas. Los puntos básicos de la DMA son los siguientes:

- La finalidad de la DMA es proteger y mejorar el medio acuático de la Comunidad y promover el uso sostenible del agua. Deben fijarse objetivos medioambientales para garantizar el buen estado de las aguas superficiales y subterráneas.
- Sustancias peligrosas: se ordena la eliminación de sustancias peligrosas en medio acuático y estableciendo un plazo de 20 años para su total eliminación.
- Precio del agua y recuperación de costes: el precio del agua deberá incluir todos los costes que implica el servicio, incluidos los ambientales, bajo el principio de "quien contamina paga".

- Los Estados miembros deberán establecer, para el 2010, una política de precios del agua que incentive un uso racional de los recursos hidráulicos.
- Sequías: no se considera una infracción de la directiva si se produce un deterioro del agua por motivos de fuerza mayor o causas naturales que no hayan podido preverse razonablemente, en particular graves inundaciones o sequías prolongadas.
- Aguas subterráneas: los Estados miembros deben tomar medidas para prevenir su deterioro así como evitar o limitar los vertidos de contaminantes en esta agua.
- Gestión integrada de las cuencas hidrográficas: por todo lo expuesto en los apartados anteriores, la atención de todos y cada uno de estos puntos básicos pasa por una gestión integrada del dominio territorial donde el agua, en interacción con el suelo, aire vegetación y resto de organismos vivos, proporciona un uso y modifica sus características.
- El objetivo de un buen estado de las aguas debe perseguirse en cada cuenca hidrográfica, de modo que se coordinen las medidas relativas a las aguas superficiales y a las aguas subterráneas pertenecientes al mismo sistema ecológico, hidrológico e hidrogeológico.

El Proyecto Guadalfeo y el Programa de Doctorado.

Evidentemente, el Programa de Doctorado "Dinámica de los flujos biogeoquímicos y sus aplicaciones" aspira a formar investigadores y profesionales que puedan responder a todos estos objetivos, ya que, a través de la gestión integral e integrada de las cuencas hidrográficas, se pretende promover el uso sostenible del agua, uso sostenible del agua, sentando las bases de una nueva dimensión del desarrollo, al aplicar los tres grandes principios del desarrollo sostenible: la necesidad de disociar el crecimiento económico de la degradación ambiental; la atención a los elementos cualitativos del desarrollo y la integración y coordinación de políticas sectoriales que contribuyan a la calidad de vida. Para ello, se estudiará la circulación de los flujos de agua, sólidos y contaminantes a lo largo de toda la cuenca, el estado ecológico de las aguas y ecosistemas acuáticos y humedales, y la reacción del sistema cuenca-río-embalse-litoral ante los fenómenos atmosféricos y la acción humana, desarrollando los modelos de gestión adecuados en cada caso. Estos modelos deberán ser dinámicos, es decir, irán cambiando, adaptándose a las circunstancias de cada momento, a los nuevos objetivos y al estado actual del sistema.

Por todo ello, las asignaturas del Programa, los ejemplos y ejercicios prácticos participarán de la información recabada en el Proyecto Guadalfeo y tanto alumnos como profesores participarán activamente en las reuniones científicas y técnicas, en las campañas de campo y de laboratorio que se realicen. De esta manera teoría y práctica irán de la mano ayudando al alumno en la comprensión, modelando los procesos y a tomar decisiones.

Objetivos Principal y Específicos del proyecto Guadalfeo.

El objetivo principal de este proyecto es desarrollar un modelo del comportamiento morfológico y físico-químico de la cuenca del río Guadalfeo, como consecuencia de la alteración del movimiento de los flujos de agua, sedimentos, nutrientes y sustancias prioritarias (metales pesados, etc) propiciada por la puesta en funcionamiento de la Presa de Rules.

A tal efecto se elaborará una herramienta que permita evaluar y predecir en forma fiable el comportamiento de la cuenca, que permita analizar a priori las acciones que ayuden a preservar, proteger y mejorar la calidad del medio ambiente y a posteriori las consecuencias reales de las medidas adoptadas.

Los objetivos específicos del Proyecto son los siguientes:

1. Caracterización urbanística y territorial de la cuenca hidrográfica del río Guadalfeo.
2. Interacción entre las políticas de la planificación territorial y urbana y de la gestión del agua.
3. Caracterización meteorológica e hidrogeomorfológica de toda la cuenca del río Guadalfeo, con énfasis en la cuenca vertiente al embalse de Rules e incluyendo su delta y zona de influencia del litoral.
4. Identificación de las fuentes de sedimento, nutrientes y otras sustancias.
5. Elaboración de mapas que indiquen la distribución espacial de estas fuentes (pérdida de suelo, erosión potencial, cargas de nutrientes y de otras sustancias).
6. Caracterización biológica y química del agua superficial de la cuenca y del sedimento transportado.
7. Definición de modelos conceptuales que describan el movimiento de los flujos de agua, sedimentos, nutrientes y otras sustancias en la cuenca del río Guadalfeo y en el interior del embalse de Rules.

8. Estrategias de acción para la modificación del movimiento de flujos dentro de la cuenca de estudio.
9. Integración de la información en un SIG.
10. Gestión ambiental de la cuenca a través de la actualización permanente de la información contenida en el SIG.
11. Propuestas de planificación y proyecto que supongan una mejora en la gestión del recurso agua, de su calidad y de los factores ambiental y paisajísticos relacionados con la misma.

Capítulo 2

Primer Cuatrimestre

2.1. Introducción

2.1.1. Asignaturas

En este primer cuatrimestre se impartirán las siguientes asignaturas:

1. Fundamentos de mecánica de fluidos
2. Procesos estocásticos y teoría de señales
3. Ecología
4. Métodos numéricos y experimentales

2.1.2. Lugar de la docencia

La docencia teórica de todas las asignaturas se impartirá en el CEAMA, Avda. del Mediterraneo, s/n. Las tutorías y las clases prácticas también tendrán lugar en el CEAMA. A tal efecto se facilitará un lugar de trabajo para todos los alumnos desplazados a Granada durante los días docentes. Las clases comenzarán el martes 2 de noviembre de 2004 y finalizarán el martes 1 de marzo de 2005.

2.1.3. Horario de docencia y prácticas

Lunes

- 09:30-11:30 Procesos estocásticos y tratamiento de señales
- 11:30-12:00 Descanso
- 12:00-14:00 Fundamentos de mecánica de fluidos

16:00-17:00 Fundamentos de mecánica de fluidos
17:00-19:00 Seminarios y ejercicios
19:00-20:00 Tutorías

Martes

09:30-11:30 Ecología
11:30-12:00 Descanso
12:00-14:00 Métodos numéricos y experimentales
16:00-17:00 Métodos numéricos y experimentales
17:00-19:00 Seminarios y ejercicios
19:00-20:00 Tutorías

Miércoles, Jueves y Viernes.

Trabajos en la sede del Grupo de Investigación al que se adscribe el alumno y trabajos de campo programados.

2.2. Objetivos, programas y fuentes

2.2.1. Fundamentos de mecánica de fluidos

Esta asignatura es de cuatro créditos y se impartirá en la Universidad de Granada. Los profesores responsables de la asignatura son:

Profs. Fernández-Feria (UMA) y Ortiz (UGR)

Objetivos

Sus objetivos son:

1. Proporcionar los fundamentos teóricos de la dinámica de fluidos y los diferentes regímenes de aplicación en el estudio de los flujos biogeoquímicos.
2. Desarrollar técnicas analíticas y numéricas que ilustren el proceso de búsqueda de soluciones, su interpretación y rango de validez.
3. Elaborar técnicas de perturbación, aproximaciones asintóticas, etc., en el estudio del comportamiento del fluido en las proximidades de los contornos.

Temario de la asignatura

Para alcanzar estos objetivos la asignatura se organiza en el siguiente temario:

Tema 1: *Introducción (2h)*.

Introducción al curso. Ejercicios y trabajos fin de curso. Breve introducción a la dinámica de los fluidos. Hipótesis de medio continuo.

Tema 2: *Ecuaciones (4h)*.

Derivación sistemática de las ecuaciones macroscópicas que describen el movimiento de los fluidos: ecuaciones de conservación, transporte y de estado. Fundamentos microscópicos de las ecuaciones, en especial de las ecuaciones de transporte difusivo. Condiciones iniciales y de contorno.

Tema 3: *Algunas soluciones exactas de interés (6h)*.

Flujos unidireccionales de fluidos incompresibles: Flujos de Couette y de Poiseuille estacionarios y no estacionarios; problemas de Rayleigh y de Stokes. Flujos con líneas de corriente circulares: problema de Taylor-Couette; difusión de un vórtice potencial; solución de Bödewadt.

Tema 4: *Parámetros adimensionales (3h)*.

Parámetros adimensionales más relevantes en la dinámica de fluidos. Descripción de los límites asintóticos de mayor interés.

Tema 5: *Movimientos con número de Reynolds bajo (3h)*.

Ecuaciones y soluciones de Stokes: Flujos con $Re \ll 1$ alrededor de una esfera y de un cilindro. Solución de Oseen. Problemas de sedimentación.

Tema 6: *Flujos con números de Reynolds alto. Capa límite (4h)*.

Ecuaciones de Euler y de Bernoulli. Ecuaciones de capa límite de Prandtl. Solución de Blasius. Separación de la capa límite. Transporte de calor y de masa en la capa límite.

Tema 7: *Introducción a movimientos rotacionales e irrotacionales (4h)*.

Introducción. Irrotacionalidad, circulación y movimientos rotacionales simples. Líneas y tubos de vórtice. Teorema de Kelvin. Teoremas de Helmholtz. Ecuación de vorticidad. Irrotacionalidad y movimientos potenciales.

Tema 8: *Introducción a turbulencia (6h)*.

Introducción. Conceptos básicos de inestabilidad y transición. Características principales de los movimientos turbulentos. Apuntes históricos. Correlaciones. Ecuaciones promediadas de Reynolds. Energía cinética del movimiento medio y turbulento. Introducción a modelos de turbulencia. Tendencias actuales.

Tema 9: *Movimientos a superficie libre (8h)*.

Ecuaciones y condiciones de contorno. Hipótesis hidrostática y no hidrostática. Integración en profundidad. Análisis de los términos. Ecuaciones integradas en ancho. Análisis de las ecuaciones. Líneas características. Ecuaciones

ciones simples lineales y no lineales. Flujos subcríticos, críticos y supercríticos. Salto hidráulico. Efecto de la fricción y difusión.

Ejercicios

De cada tema se le pedirá al alumno que resuelva un problema que tenga relación directa con lo que se ha visto en clase. Estos problemas serán comunes a todos los alumnos y se propondrán al final de cada tema. Su resolución tendrá que ser entregada al profesor no después de que termine el siguiente tema. La persona interesada podrá encontrar los ejercicios realizados en el curso 2003-2004 en la página web [www.dinamicaambiental.com/programa de doctorado/cursos](http://www.dinamicaambiental.com/programa_de_doctorado/cursos).

Trabajo de fin de curso

Además de los ejercicios anteriores, cada alumno realizará un trabajo de mayor entidad al final del curso. Para ello, hacia mediados del curso, se propondrá una lista de posibles trabajos entre los que cada alumno puede elegir uno. Otra posibilidad es que el alumno le proponga un tema de su interés a los profesores, éstos den el visto bueno y, en su caso, replanteen el problema que tiene que resolver el alumno.

Calificación

La calificación del alumno se ajustará a los siguientes criterios:

- Participación en clase, 1
- Entrega de los ejercicios, 4
- Trabajo final, 5

Bibliografía

- Batchelor, G.K., 1967, An introduction to fluid dynamics (Cambridge University Press, Cambridge, U.K.).
- Bird, R.B., Stewart, W.E. y Lightfoot, E., 1960, Transport phenomena (Wiley, Nueva York).
- Chorin, A. y Marsden, J., 1979, A Mathematical Introduction to Fluid Mechanics (Springer Verlag).
- Fernández Feria, R., 2001, Mecánica de fluidos (Universidad de Málaga).
- Frisch, U., 2001, Turbulence, (Cambridge University Press).
- Kundu, P., 1990, Fluid Dynamics, (Academic Press).
- Landau, L.D. y Lifshitz, E.M., 1987, Fluid Mechanics (Pergamon Press, Oxford, 2ª edición).

- Liggett, J., 1994, Fluid Mechanics, (Mc Graw Hill).
- Ortiz, P., 1991, Métodos numéricos en propagación de ondas superficiales, (MOPT. Cedex).
- Ortiz, P., 2003, Notas sobre Movimientos Potenciales. Area de Ingeniería Hidráulica, UGR.
- Richardson, S.M., 1989, Fluid mechanics (Hemisphere, Nueva York).
- Rodi, W., Turbulence Modelling and their Application in Hydraulics. IAHR.
- Rosenhead, L. (editor), 1988, Laminar boundary layers (Dover, Nueva York; reimpresión).
- Schlichting, H. y Gersten, K., 2000, Boundary layer theory (Springer, Berlín; 8ª edición).
- Sherman, F.S. 1990, Viscous flow (McGraw-Hill, Nueva York).
- Tennekes H. y Lumley, J.L. 1972, A first course in turbulence (The MIT Press, Cambridge, Ma.).
- White, F.M., 1983, Mecánica de fluidos (McGraw-Hill, Madrid).
- Yih, C.S. 1988, Fluid mechanics (West River, Ann Arbor).

2.2.2. Procesos Estocásticos y Tratamiento de Señales

Esta asignatura es de tres créditos, e incluyen teoría y práctica y se impartirá en el CEAMA. Los profesores responsables de la asignatura son:

Profs. Baquerizo (UGR) y Losada (UGR)

Objetivos

Los objetivos de la asignatura son:

1. Preparar al alumno para comprender y evaluar las incertidumbres intrínseca de los procesos naturales, de la experimentación, del análisis, de los modelos y la influencia de los errores humanos.
2. Enseñar técnicas de simulación numérica que permitan estudiar la variabilidad espacial y temporal de los sistemas.
3. Proporcionar técnicas de tratamiento de señales en los dominios de la frecuencia y del tiempo.
4. Aplicar esta técnicas a diversos casos tales como la turbulencia, las oscilaciones del mar, el movimiento de las partículas de aire, agua y de sustancias.

Temario de la asignatura

Para alcanzar estos objetivos la asignatura se organiza en el siguiente temario:

Tema 1: *Introducción (1h.)*

Organización del curso. Ejercicios y trabajo de fin de curso

Tema 2: *Teoría de la Probabilidad: Funciones discretas y continuas (4h)*

Variables aleatorias. Modelos de probabilidad. Inferencia estadística. Espacio de sucesos y teorema de la probabilidad total.

Tema 3: *Series, Integrales y Transformadas de Fourier (5h)*

Series de Fourier; funciones pares e impares. Funciones periódicas. Espectro discreto de energía. Integral de Fourier. Transformada de Fourier. Análisis de Fourier aplicado a sistemas dinámicos. Transformada finita de Fourier y las integrales de correlación. Función de autocorrelación.

Tema 4: *Series temporales discretas y la transformada de Fourier (4h)*

Series temporales discretas, Transformada rápida de Fourier, TRF (FFT). Espectro de energía calculado. FFT de dos funciones reales. Preparación de los datos.

Tema 5: *Análisis espectral de trenes aleatorios (4h)*

Técnicas de trabajo y ejemplos. Excitación-respuesta en sistemas lineales. Transmisión de vibraciones aleatorias. Análisis estadístico de procesos de banda estrecha.

Tema 6: *Análisis espectral multidimensional (2h)*

Series de Fourier bidimensionales. Función de densidad espectral de un proceso multidimensional. Generación artificial de procesos bidimensionales.

Tema 7: *Transformada de Hilbert y envolvente de la señal (2h)*

Funciones de causa. Transformada de Hilbert. La envolvente de amplitud y la frecuencia instantáneas. La inestabilidad de Benjamin-Feir.

Tema 8: *Análisis estadístico de series temporales (2h)*

Distribución de desplazamientos. Desplazamientos máximos

Tema 9: *Efectos no lineales: el biespectro (2h)*

Momentos de tercer orden: sesgo y asimetría. Propiedades del biespectro.

Tema 10: *Procesos pseudo-aleatorios (2h)*

Procesos aleatorios binarios. Procesos aleatorios de niveles múltiples y espectro. Generación de números aleatorios.

Tema 11: *Respuesta de un sistema lineal y continuo a forzamientos estacionarios (2h)*

Respuesta al forzamiento en un punto. Respuesta al forzamiento con modelo de distribución. Análisis de los modos de respuesta.

Ejercicios

Tema 2: Probabilidad de fallo en un embalse "multipropósito". La presa de Rules en el río Guadalfeo se ha construido para alcanzar diversos objetivos, entre ellos, el control de avenidas y atender el suministro de agua para uso urbano y agrícola con la calidad requerida. Los ejercicios a realizar en este tema tratan de mostrar cómo se debe abordar el análisis de los modos de fallo en los objetivos indicados, teniendo en cuenta que el control de las avenidas y la capacidad de suministro están enfrentadas. Para el control es conveniente tener el embalse bajo pero para el suministro el embalse debe estar al máximo de su capacidad. Por otra parte, dependiendo del año meteorológico y del desarrollo urbano e industrial y de la gestión de las plantas de depuración la calidad del agua vertida interfiere con el agua en el embalse y su calidad. En los ejercicios se analizará, el número de muestras que tomadas consecutivamente en el tiempo son necesarias para garantizar una determinada fiabilidad en el tratamiento de los vertidos. Además se analizarán la probabilidad conjunta de los sucesos de fallo, considerados como independientes o correlacionados.

Tema 3: Aplicaciones del desarrollo en serie de Fourier. El perfil superficial del oleaje en la zona de rompientes puede representarse por una función en "diente de sierra". Teniendo en cuenta las condiciones de rotura del oleaje en función de la profundidad, periodo y altura y para diferentes relaciones de asimetría del tren de ondas, calcula,

1. El desarrollo en serie de Fourier del perfil, como funciones par e impar. Analiza los resultados

2. Teniendo en cuenta que en teoría lineal la velocidad en el fondo se relaciona con el perfil de la onda a través de la función potencial, calcula la velocidad en el fondo.

3. La tensión tangencial que el movimiento del fluido ejerce sobre el lecho es proporcional al cuadrado de la velocidad en el fondo. Calcula el desarrollo en serie de Fourier de la tensión tangencial. Analiza la importancia de cada uno de los términos y acota la serie. Analiza la importancia de la asimetría.

4. El tamaño del sedimento del lecho es $D_{50} = 0,30mm$. Suponiendo que la velocidad de inicio del movimiento es $0.35 m/s$ analiza la movilidad del lecho y su sentido. Se admite que la pendiente del fondo es muy pequeña.

5. Analiza el transporte neto de sedimentos en función de la asimetría del perfil aplicando el desarrollo en serie de Fourier

Temas 4, 5 y 6: Determinación espectral mediante análisis digital. Los datos registrados de diferentes agentes climáticos, p.ej. velocidad del

viento y oleaje, se pueden analizar digitalmente para obtener su función de densidad espectral. El alumno deberá realizar con registros tomados en el Proyecto Guadalfeo los siguientes pasos:

1. Estimar el rango de frecuencias de interés y la frecuencia máxima de las componentes espectrales significativas en el registro.
2. Elegir el intervalo de muestreo y su precisión, estimar la máxima anchura de banda y la longitud requerida del registro.
3. Determinar el número de puntos de muestreo, el número de ceros a añadir.
4. Determinar el número de estimaciones espectrales adyacentes a promediar.
5. Generar las series discretas muestreando el registro, calcular la media y generar las secuencias de señales a procesar.
6. Calcular la transformada discreta de Fourier, las series de coeficientes espectrales y calcular el espectro continuo.
7. Modificar las estimaciones para corregir la adición de ceros y suavizar el espectro.
8. Presentar y discutir los resultados.

Tema 8: Análisis estadístico de series temporales registradas. Las series temporales de precipitación y de caudales tomadas con diferentes intervalos y cadencia de muestreo se pueden analizar y agrupar en diferentes intervalos de tiempo. El alumno deberá procesar los datos de registros de la variable básica o de estado, analizando, su modelo de probabilidad y las distribuciones de los valores máximos. Analizará la evolución temporal y espacial de los modelos de distribución de la variable de estado o de su descriptor estadístico. Analizará los valores máximos estacionales y anuales teniendo en cuenta los valores que exceden un umbral y los valores máximos uno por año. Analizará los intervalos de tiempo entre sucesos, periodos de sequía y entre avenidas y modelará mediante técnicas de Monte Carlo el número de sucesos, su intensidad y duración en la vida útil del embalse.

Temas 9, 10 y 11: Simulación de procesos aleatorios. La gestión integral de la cuenca del Guadalfeo demanda conocer la respuesta del sistema a forzamientos aleatorios puntuales y espaciales afectando a superficies o tramos finitos. El alumno desarrollará modelos de simulación de algunos de los procesos que se necesitan en la gestión integral de una cuenca, tales como el sistema precipitación - escorrentía - caudal. En general el modelo a desarrollar será lineal y en los casos posibles se analizará si el sistema es resonante. La falta de información se suplirá con las simulaciones numéricas

de series temporales mediante técnicas de Monte Carlo.

Trabajo de Fin de Curso

El alumno realizará un trabajo de fin de curso de forma individualizada disponiendo para ello de tres días. El trabajo consistirá en un caso de aplicación que incluirá la mayoría de los aspectos tratados en el curso. La presentación de los resultados tendrá formato de informe científico. El alumno podrá realizar el trabajo en un lugar a su conveniencia.

Calificación

La calificación del alumno se ajustará a los siguientes criterios:

Participación en clase, 1

Entrega de los ejercicios, 4

Trabajo final, 5

Bibliografía

Baquerizo A., 1995 Análisis estadístico y espectral de series temporales. Manuales. Grupo de Puertos y Costas de la UGR. pp.45

Castillo, E., 1988 Extreme value theory in engineering, Academic Press, pp.389

Castillo, E. y J.M. Sarabia, 1992 Engineering analysis of extreme value data:selection of models. J. of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, Vol 118, Nº 2, March/April, pp. 129-146

Losada M.A. y A. Baquerizo, 2001. Introducción a los procesos aleatorios y teoría de probabilidad. Apuntes, Grupò de Puertos y Costas de la UGR, pp.185.

Newland D.E., 1993 An introduction to random vibrations, spectral and wavelet analysis. Longman, Scientific&Technical, pp. 477.

Matlab Statistics Toolbox, 2001 version 4 User´s guide, the Mathworks Inc., USA

Solnes, J., 1997 Stochastic processes and random vibrations: theory and practice, Jonh Wiley & Sons, pp.432

2.2.3. Ecología

Esta asignatura es de 3 créditos de carácter teórico y será impartida en el CEAMA, Universidad de Granada. Los profesores responsables de la asignatura son:

Profs. Cruz (UGR) y Rodríguez (UMA)

Objetivo

Ante la previsible diversidad curricular del alumnado de este Programa de Doctorado, el objetivo fundamental de esta asignatura es suministrar los conceptos, teorías y herramientas básicas de la ecología, haciendo hincapié en la diversidad de aproximaciones científicas posibles a la resolución de problemas ambientales y resaltando aquellas de especial aplicación en el estudio de ecosistemas acuáticos.

Temario de la asignatura

Para alcanzar este objetivo, la asignatura se organiza en el siguiente temario:

Bloque I: INTRODUCCIÓN

Tema 1: *El ecosistema como objetivo de estudio.*

Conceptos y definiciones de ecosistema . Organización jerárquica de objetos de estudio. Aproximaciones reduccionistas y holistas. El ecosistema como sistema físico de flujo de energía. Organización, estructura y escalas de ecosistemas. El problema de los límites. Acoplamiento entre sistemas. Escalas: del tapiz microbiano a la biosfera.

Tema 2: *Muestreo y heterogeneidad muestral.*

Muestra y Unidad de muestreo. Tamaño de muestra. Tipos generales de muestreo: aleatorio, regular, transectos. Interacción espacio-tiempo en ecosistemas acuáticos. Distribuciones regulares, aleatorias y agregadas. Distribuciones teóricas. Índices. Influencia del tamaño de la unidad de muestreo. Acoplamiento físico-biológico en ecosistemas acuáticos.

Bloque II. FLUJOS Y CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

Tema 3: *Introducción a la biogeoquímica de medios fluidos.*

Marco físico-químico y orden biológico. Matrices de condiciones y recursos. El desarrollo de una estructuración vertical. Estabilidad de la estructura vertical. Respuestas biológicas a la estructura vertical. Profundidad de la capa de mezcla. Tiempo de retención hidráulica. Retención de materiales particulados y disueltos en lagos y embalses.

Tema 4: *Radiación luminosa*

Procesos de extinción y penetración de la luz en medios acuáticos. Modelo y Coeficiente de extinción. Flujos de calor. Difusión turbulenta, estabilidad y establecimiento de la termoclina. Número de Richardson. Estructura térmica y tipología de lagos.

Tema 5: *Origenación de masas de agua.*

Control físico: difusión y solubilidad. Control biológico: fotosíntesis y respiración. Distribución vertical en ecosistemas acuáticos. Cambios esta-

cionales. Ambientes anaeróbicos. Potencial y reacciones Redox

Tema 6: *Transformaciones y ciclo de carbono.*

Compartimentos y flujos: cifras globales. Transformaciones geoquímicas y biológicas en el ciclo del carbono. Metabolismo en ambientes aeróbicos y anaeróbicos. El sistema carbónico – carbonato en medios acuáticos. Disolución del CO₂. Balance de carga y alcalinidad. Control del pH en sistemas acuáticos. Papel de la fotosíntesis y la respiración. Distribución vertical del CO₂ total y pH en lagos y océanos.

Tema 7: *Alteraciones globales del ciclo de carbono.*

Evolución de la temperatura. Relación con el incremento de CO₂ antropogénico. Cifras del balance de carbono. Papel del océano: bomba biológica, cambios de alcalinidad, efecto de la presión. Papel de las zonas de afloramiento.

Tema 8: *Nutrientes. Ciclos del nitrógeno y del fósforo.*

Formas de Nitrógeno. Dinámicas estacionales. Transformaciones: Fijación biológica; Desnitrificación; Nitrificación. Ciclo del Fósforo. Consumo de Fósforo e inducción de fosfatasa. Reciclado de fósforo en la columna de agua. Papel de los sedimentos. Estimaciones de cargas de nutrientes a sistemas acuáticos. Procesos en aguas fluyentes: espirales. Modelos

Tema 9: *Transformaciones y ciclo del azufre.*

Compartimentos y flujos: cifras globales. Transformaciones biológicas: Asimilación – mineralización. Reducción del sulfato. Quimiosíntesis en gradientes redox. Fotosíntesis anoxigénica. Distribución de formas de S en ecosistemas acuáticos. Producción biogénica de S: DMSP y DMS. Papel en control del cambio climático. Alteraciones regionales: Lluvia ácida. Efectos sobre lagos y bosques.

Tema 10: *Ecosistemas sometidos a tensión.*

Modificaciones en el funcionamiento de sistemas perturbados. Causas y consecuencias de la tensión. La salud de la cuenca. Contaminación de ríos. Eutrofización de lagos y embalses. Modelos de eutrofización. Problemas prácticos: diagnóstico y vigilancia. Tratamiento. Prevención.

Bloque III. PRODUCCIÓN Y FLUJOS DE ENERGÍA

Tema 11. *Conceptos iniciales.*

Variables discretas y continuas en la dinámica de sistemas. Poblaciones y compartimentos. Criterios de agregación. Biomasa, producción y tasa de renovación. Producción primaria y secundaria. Balances de energía a diferentes escalas.

Producción Bruta y Neta. Eficiencias. Eficiencias bruta y neta de producción. Eficiencia de asimilación. Eficiencia de consumo. Relaciones entre eficiencias y tasas de consumo y producción.

Tema 12: *Uso y destino de la producción biológica.*

Producción neta y acumulación de biomasa: factores de pérdida. Ejemplo: el modelo RSB para el fitoplancton. Componentes: crecimiento, consumo, sedimentación y turbulencia.

Tema 13: *Modelos de producción y crecimiento de poblaciones.*

Crecimiento exponencial. Asunciones y parámetros. Limitaciones: competencia intraespecífica y crecimiento logístico. Densodependencia y capacidad de carga. Asunciones y parámetros.

Tema 14: *Crecimiento bajo condiciones de competencia interespecífica.*

Modelo general de competencia interespecífica. Coeficiente de competencia. Análisis dinámico e interpretación ecológica. Tipos de competencia. Concepto de nicho ecológico. Estrategias biológicas.

Tema 15: *Modelos basados en la depredación.*

Mortalidad densoindependiente. Modelos de interacción depredador y presa. Modelos de interacción planta y herbívoro. Modelos de interacción hospedador y parásito. Modelos epidemiológicos.

Tema 16: *Control físico de la producción.*

Sedimentación de biomasa y efecto de la turbulencia. Producción nueva, regenerada y exportada. Papel de los nutrientes y la estabilidad de la columna de agua.

Tema 17: *Vías detríticas en el flujo de materia y energía.*

Eficiencia ecológica. Pérdidas a la vía detrítica. Papel de la Materia orgánica. M.O. particulada y disuelta. Remineralización y producción bacteriana. Ecosistemas autotróficos y heterotróficos. El balance producción – respiración en ecosistemas.

Bloque IV. SUCESIÓN EN ECOSISTEMAS

Cambios temporales en los ecosistemas. Primeras descripciones sobre la sucesión en ecosistemas terrestres. Interpretaciones y modelos explicativos. Evolución de diferentes propiedades durante la sucesión ecológica. La sucesión en ecosistemas acuáticos y el plancton en particular. Relaciones entre sucesión, diversidad y estabilidad del ecosistema

Ejercicios

Se suministrará un conjunto de artículos científicos o capítulos de libros que deberán ser leídos, criticados y discutidos por los alumnos de forma individualizada. Los comentarios se entregarán una semana después de la finalización del tópico desarrollado en teoría.

Se plantearán ejercicios de cálculo y simulación cuyos resultados se entregarán de la misma forma que el análisis de artículos.

Trabajo de fin de curso

Los ejercicios estarán organizados alrededor de un problema que sirva de hilo conductor para la presentación final de un informe científico como Trabajo Fin de Curso.

Calificación

La calificación del alumno se basará en la valoración de los apartados:

Participación en clases teóricas	4 puntos
Realización de ejercicios	3 puntos
Trabajo Fin de curso	3 puntos

Bibliografía

Fenchel, T. (1987). *Ecology: Potentials and Limitations*, Inter-Research Science Publishers, Ecology Institute, Oldendorf/Luhe, Alemania.

Harper, D. (1992). *Eutrophication of freshwaters. Principles, problems and restoration*. Chapman and Hall, Londres.

Horne, A.J. and C. R. Goldman (1994, 2nd ed.). *Limnology*, McGraw Hill, New York.

Jorgensen, S.E. and G. Bendoricchio (2001, 3rd ed.). *Fundamentals of Ecological Modelling*. Elsevier.

Lampert, W. and U. Sommer (1997). *Limnoecology. The ecology of lakes and streams*. Oxford Univ. Press, New York.

Mann, K. H. and J.R. Lazier (1991). *Dynamics of Marine Ecosystems*. Blackwell Sc. Publ., Oxford.

Margalef, R. (1983). *Limnología*, Ed. Omega, Barcelona.

Margalef, R. (1995, 8ª reimpr.). *Ecología*, Ed. Omega, Barcelona.

Ricklefs, R.E. (1990, 3rd ed.). *Ecology*, W.H. Freeman and Co.

Rodríguez, J. (2001, 1ª reimpresión). *Ecología*. Ed. Pirámide, Madrid, 411 p.

2.2.4. Métodos numéricos y experimentales

Esta asignatura es de cuatro créditos, que incluyen teoría y práctica, y se impartirá en el CEAMA, Granada.

Los profesores responsables de la docencia son:

Prof. Herrada (US), Profa. Polo (UCO) y Dra Sánchez Badorrey (UGR).

Objetivos

Los objetivos de esta asignatura son

1. Proporcionar al alumno los fundamentos para un correcto planteamiento de un problema científico.
2. Establecer criterios consistentes, tanto desde un punto de vista conceptual como estadístico, para el diseño experimental de un ensayo, protocolos de muestreo y/o toma de datos.
3. Explorar los diferentes métodos numéricos de tratamiento de datos y modelación de procesos, evaluando las necesidades y limitaciones en cada caso.

Temario de la asignatura

Bloque I: Métodos experimentales (1 crédito)

Tema 1 : *Introducción.*

Organización del curso, justificación del programa. Evaluación del mismo.

Tema 2: *Métodos experimentales.*

Objetivos de la experimentación y su diseño. Experimentación en campo y laboratorio; condicionantes. Técnicas de determinación; necesidades y limitaciones.

Tema 3: *Toma de medidas.*

Errores y variabilidad de las observaciones: tipos de error y validación; precisión; aracterización de la variabilidad. Toma de medidas y muestreos: fuentes de error; representatividad de la muestra; diseño del muestreo. Medidas puntuales e integradas.

Tema 4: *Experimentos de laboratorio.*

Semejanza dinámica de modelos a escala. Procesos químicos.

Tema 5: *Análisis de escala en procesos.*

Procesos físicos en la superficie y a través del suelo. Transporte de solutos. Procesos biológicos.

Bloque II: Fundamentos de la mecánica de fluidos computacional

Tema 6: *Introducción.*

¿Qué es la Mecánica de fluidos computacional? Aproximación a los problemas fluidomecánicos. Posibilidades y limitaciones de los métodos numéricos.

Tema 7: *Clasificación matemática de las Ecuaciones en derivadas parciales.*

Introducción. Ecuaciones Elípticas, Hiperbólicas y Parabólicas. Condiciones de Contorno. Método de las Características para la Resolución de Sistemas Hiperbólicos.

Tema 8: *Las ecuaciones de Navier-Stokes y los modelos simplificados de la Mecánica de Fluidos.*

Ecuación de Continuidad. Ecuación de Cantidad de Movimiento. Ecuación de la Energía. Flujos incompresibles. Flujos Ideales y Potenciales. Flujos en Aguas Someras. La aproximación de Capa Límite.

Bloque III: Métodos Numéricos

Tema 9: *Aspectos Generales de los Métodos Numéricos.*

Modelo matemático: Sistemas de Coordenadas, Transformación de dominios irregulares, Formas útiles de las Ecuaciones de Conservación. Técnicas de Discretización: Diferencias Finitas, Volúmenes finitos, Elementos finitos, Elementos de Contorno y Métodos espectrales. Propiedades de la solución numérica: Estabilidad, Consistencia y Convergencia. Consideraciones sobre códigos comerciales.

Tema 10: *Diferencias Finitas.*

Introducción. Diferencias centradas y diferencias no centradas. Generación de esquemas de alto orden. Fórmulas de diferencias finitas para mallados no uniformes cartesianos.

Tema 11: *Volúmenes Finitos.*

Introducción. Aproximación de las integrales de superficie. Aproximación de las integrales de volumen. Técnicas de interpolación. Introducción a las técnicas de mallado: Mallas adaptativas, Mallas estructuradas y no estructuradas.

Bloque IV: Métodos de resolución de sistemas de ecuaciones algebraicas y diferenciales.

Tema 12: *Sistemas de Ecuaciones Algebraicas Lineales.*

Métodos directos: Eliminación de Gauss, Descomposición LU, Sistemas Tridiagonales y Técnicas de diagonalización. Métodos iterativos: SOR, Método de Stone, Método ADI y Métodos de los Gradientes Conjugados. Pre-condicionadores.

Tema 13: *Sistemas de Ecuaciones Algebraicas No-lineales.*

Introducción: Método de Newton-Raphson. Linealizaciones de Picard y Newton para los términos convectivos en las ecuaciones de transporte. Solución secuencial. Factores de Relajación.

Tema 14: *Sistema de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (EDO).*

Introducción. Método de Euler. Métodos de Runge-Kutta. Métodos Multipasos. Aplicación a integración temporal de las ecuaciones de transportes. Métodos Implícitos y Explícitos. Estabilidad de los Métodos de Resolución de EDO.

Bloque V: Aplicaciones

Tema 15: *Método de paneles para flujos potenciales.*

Introducción. Ecuaciones discretizadas. Condiciones de contorno. Aplicación al cálculo de fuerzas sobre perfiles.

Tema 16: *Resolución Numérica de Flujos en Capas Límites.*

Introducción. Métodos de líneas. Métodos Implícitos: Discretización Upwind. Problema inverso. Tratamiento de la separación. Ejemplo.

Tema 17: *Resolución de Flujos Incompresibles mediante Volúmenes Finitos.*

Discretización de los términos convectivos y viscosos. Discretización de la presión y términos fuentes. Condiciones de contorno: Condición de no deslizamiento y condiciones de flujo de entrada y de salida. Métodos implícitos de corrección para la resolución de la ecuación de la presión. Ejemplo de Aplicación: Cálculo del flujo bidimensional en una cavidad.

Tema 18: *Resolución Numérica de Flujos Turbulentos.*

Limitaciones de la simulación numérica directa de la turbulencia. Modelos de cierre para las Ecuaciones de Reynolds. Modelos k-e. Modelo RSM. Simulación de torbellinos de escalas grandes (LES).

Ejercicios

Temas 2 y 3: A partir de unos objetivos iniciales diseñar experimentos prácticos de diversa índole relacionada con los contenidos del programa de doctorado. Obtener cálculos para las variables en estudio utilizando datos de campo/laboratorio proporcionados por el profesor, analizando su limitación.

Temas 4 y 5: Análisis de la semejanza dinámica para distintos ejemplos de modelos a escala. Evaluación de los efectos de escala en ejemplos aplicados relacionados con los contenidos del programa de doctorado.

Temas 6-18: Resolución de la ecuación de Poisson mediante diversos métodos implícitos y explícitos. Discretización mediante diferencias finitas (1o, 2o y 4o orden) e integración temporal mediante diversos métodos explícitos de las ecuaciones que describen el flujo unidireccional de aguas someras. Filtrado. Cálculo de la capa límite laminar alrededor de un cilindro circular mediante el método de líneas. Resolución mediante volúmenes finitos del flujo dentro de una cavidad bidimensional.

Trabajo de fin de curso

Será requisito obligado para superar la asignatura, la realización por parte del alumno de un trabajo individual. Dicho trabajo consistirá en un caso práctico en el que tendrá que aplicar gran parte de los diferentes aspectos

contenidos en el programa. La presentación tendrá formato de informe científico.

Calificación

La calificación del alumno se ajustará entre 1 y 10 puntos, atendiendo a los siguientes criterios:

- Participación en clase, 1
- Entrega de los ejercicios, 4
- Trabajo final, 5

Bibliografía

Bloque I: Métodos experimentales

Daily, J.W., Harleman, D.R.F. 1966. Fluid dynamics. Addison-Wesley. Reading.

Sposito, G. (ed.).1998. Scale dependence and scale invariance in hydrology. Cambridge University Press. Cambridge.

Woodward, F.I., Sheehy, J.E. 1983. Principles and measurements in environmental biology. Butterworths.

Bloque II: Métodos Numéricos

Abbot, M.B. and D. R. Basco. (1989) Computational fluid dynamics. An introduction for engineers. (Longman Group, Harlow UK).

Anderson, J. C. Tannehill, & R. H. Pletcher (1984) Computational fluid mechanics and heat transfer. (Taylor & Francis, USA).

Baines M.J. and K. W. Morton (1993) Numerical Methods for Fluid Dynamics. (Series; e.g. Vol 4. Oxford Science Publications, Oxford).

Baker, J. (1983) Finite Elements computational fluid mechanics . (Hemisphere Pub. Co., New York).

Brebbia, C.A. and J. Dominguez (1992) Boundary Elements: an introductory course. (CMP - McGraw-Hill, New York).

Brebbia, C.A. and J. C. F. Telles, L. C. Wrobel (1984) Boundary Element techniques. (Springer-Verlag, Berlin Heidelberg).

Canuto, C. and M. Y. Hussaini, A. Quarteroni, T. A. Zang (1988) Spectral methods in fluid dynamics . Springer Series in Computational Physics (Springer-Verlag, Berlin Heidelberg)

Cebeci, T. and P. Bradshaw (1984) Physical and computational aspects of convective heat transfer.r (Springer-Verlag, New York).

Fletcher, C. A. J. (1991) Computational techniques for fluid dynamics. Vol. I. Fundamental and general techniques. Springer Series in Computational Physics (Springer-Verlag, Berlin Heidelberg)

Fletcher, C. A. J. (1991) Computational techniques for fluid dynamics. Vol. II. Specific techniques for different flow categories. Springer Series in Computational Physics (Springer-Verlag, Berlin Heidelberg)

Ferziger, J.H. and M. Milovan (1996) Computational methods for fluid dynamics. (Springer-Verlag, Berlín Heidelberg)

Hirsch, C. (1990) Numerical computation of internal and external flows (Vol. I & II). (John Wiley & Sons, Chichester).

Peyret, R. (1996) Computational Fluid Mechanics. (Academic Press, London).

Power, H. and L. C. Wrobel (1995) Boundary integral methods in Fluid Mechanics. (Computational Mechanics Publications, Southampton, Reino Unido).

Press, W.H., B. P. Flannery, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling (1986) Numerical recipes. The art of scientific computing. (Cambridge University Press, Cambridge, UK).

Ralston, A. and P. Rabinowitz (1965) A first course in numerical analysis. (McGraw-Hill, New York).

Shyy, W., H. S. Udaykumar, M. M. Rao, R. W. Smith (1996) Computational fluid dynamics with moving boundaries. (Taylor & Francis, USA).

Seminarios

A determinar en noviembre 2004.

Capítulo 3

Segundo Cuatrimestre

3.0.5. Introducción

El segundo cuatrimestre se dedica a la docencia y práctica en las tres áreas de especialidad que se van a impartir en el curso 2004-2005. Éstas son:

Especialidad I: Ecosistemas acuáticos.

Sede: Universidad de Málaga, Departamento de Ecología

Participan los siguientes grupos de investigación: GEAC, GEML, GESA

Profesor responsable: Jaime Rodríguez Martínez, jaime@uma.es

Especialidad II: Agua y suelo en ecosistemas agrícolas y naturales.

Sede: Universidad de Córdoba, ETSI Agrónomos y de Montes

Participan los siguientes grupos de investigación: GHHA, GAS

Profesor responsable: Juan Vicente Giráldez Cervera, ag1gicej@uco.es

Especialidad III: Morfodinámica fluvial y litoral.

Sede: Universidad de Granada, CEAMA

Participan los siguientes grupos de investigación: GPyC, GRyE, GHHA, GOF

Profesor responsable: Miguel Ángel Losada Rodríguez, mlosada@ugr.es

Horario docente

Los horarios de docencia se concretarán antes de comenzar el segundo cuatrimestre.

Especialidad I: Ecosistemas acuáticos.

A determinar.

Especialidad II: Agua y suelo en ecosistemas agrícolas y naturales.

A determinar.

Especialidad III: Morfodinámica fluvial y litoral.**Jueves**

16:00-20:00 Procesos morfodinámicos fluvial y litoral.
20:00-21:00 Tutorías

Viernes

11:30-13:30 Circulación en ríos y embalses
16:00-18:00 Seminarios y ejercicios
18:00-19:00 Tutorías

Lunes, martes y miércoles

Trabajos teóricos y prácticos en la sede del CEAMA, UGR

3.0.6. Seminarios

Los seminarios que se impartan en cada una de las especialidades durante el segundo cuatrimestre serán obligatorios para todos los alumnos del Programa independientemente de la especialidad que estén cursando. A tal efecto se arbitrará medios de transporte para facilitar los traslados.

3.1. Especialidad I: Ecosistemas acuáticos

Esta especialidad se desarrolla en la UMA y oferta tres asignaturas.

3.1.1. Bases ecológicas para la gestión de aguas continentales

Esta asignatura es de cuatro créditos teóricos y se impartirá en la Universidad de Málaga. Los profesores responsables de la asignatura son:

Profs. Lucena (UMA) y Cruz (UGR).

La necesidad de gestión de los ecosistemas naturales (y, tal vez en todos los sistemas), refleja su incapacidad para trabajar de forma automantenida, al haberse excedido su resiliencia. La gestión es, pues, en buena medida, un síntoma de fallos en el sistema. Los sistemas acuáticos acusan, de manera especialmente rápida, los efectos de diversas alteraciones de origen antrópico a las que se ven sometidos. Estos efectos encierran la complejidad intrínseca resultante de una multiplicidad de interacciones entre el medio físico y los

organismos así como de las sinergias establecidas entre diferentes agentes de perturbación.

El estudio “eficiente” de tales efectos sobre los sistemas acuáticos, requiere del conocimiento y de la aplicación de herramientas (metodologías) para la obtención de la información necesaria y para su procesado.

La restauración de los sistemas degradados significa una manipulación extraordinaria de sistemas muy complejos, por lo que el éxito de los proyectos depende en gran medida de la meticulosidad del diagnóstico y de un profundo conocimiento del funcionamiento del sistema concreto objeto de atención.

Objetivos.

Se pretenden dos objetivos fundamentales:

1. Exponer, analizar y discutir los procesos que rigen el funcionamiento de los sistemas de agua dulce. Desarrollar habilidades para la interpretación de las respuestas de los sistemas frente a los agentes de tensión.

2. Analizar la aplicabilidad de los conceptos teóricos a los aspectos inmediatos de gestión. Exponer los fundamentos de la Ingeniería ecológica. Analizar soluciones sostenibles a la gestión y, en su caso, a la restauración de ecosistemas acuáticos degradados.

Temario de la asignatura

Para alcanzar estos objetivos, la asignatura se organiza en el siguiente temario, impartido por los Profesores Juan Lucena Rodríguez (2 créditos) y Luis Cruz Pizarro (2créditos).

Tema 1: *Introducción*

Biodiversidad de las aguas epicontinentales. Estructura y funcionamiento de ecosistemas acuáticos Limnoecología. La investigación limnológica. La limnología del siglo XXI.

Limnología regional y limnología aplicada.

Tema 2: *El medio, organismos y procesos.*

El agua como medio. Luz y temperatura. Propagación y distribución del calor. Estratificación térmica. Gases disueltos. Nutrientes. El ciclo hidrológico Componentes. Caracterización. Productores primarios del plancton. Ciclos estacionales. Comunidades macrofíticas lólicas y lénticas. Estructura de las comunidades zooplanctónicas. Peces y otros vertebrados. Metodologías de muestreo y de estudio. Dinámica de redes tróficas. Productividad primaria. Producción secundaria. Productividad heterotrófica bacteriana. Estimaciones.

Tema 3: *La perspectiva ecosistemática. Sistemas acuáticos continentales.*

Lagos. Embalses. Ríos. Delimitación y tipología de lagos y embalses. Las aguas fluyentes como resultados de interacciones en la cuenca. Estructura y dinámica de sistemas lóticos. La biota de los ríos. Humedales y Estuarios. Estructura. Tipología. Flujos de materia y energía. Productividad. Protección y conservación de estuarios y humedales. Implementación de estrategias

Tema 4: *Ecosistemas forzados.*

Eutrofización de lagos y embalses. Manifestaciones biogeoquímicas. Estima de la carga de nutrientes a una masa de agua. Predicción y modelado de las causas y de los efectos de la eutrofización. Contaminación y autodepuración de aguas fluyentes. Naturaleza de la contaminación. Medidas químicas. Estimaciones de la calidad biológica de ríos y arroyos. Índices bióticos. Modelos de calidad de aguas

Tema 5: *Gestión, restauración y mejora de la calidad..*

Gestión sostenible de sistemas acuáticos. Estudios de diagnóstico y análisis de viabilidad. Protección, Restauración, Rehabilitación, Recuperación de sistemas. Guías para la selección de alternativas. Técnicas de control de la biomasa algal. Controles de la biomasa de macrófitos. Tratamientos de “beneficio múltiple”. Mantenimiento de la integridad ecológica del ecosistema fluvial. Reasignación de flujos. Flujos mínimos aceptables. Caudales “ecológicos”. Métodos de estima. Criterios para la selección de caudales “ecológicos”. Rehabilitación de riberas. Restauración de corredores fluviales. Análisis de experiencias. (LCP).

Ejercicios

A lo largo del desarrollo de la asignatura se proporcionará a los alumnos una serie de artículos científicos que deberán discutir. Además, de forma individual o en grupos reducidos habrán de analizar y comentar diferentes estudios de “casos” singulares en los que se han desarrollado experiencias de gestión y restauración (recuperación, rehabilitación).

El análisis e interpretación de los resultados obtenidos en el estudio limnológico de la cuenca del río Guadalfeo, será otro ejercicio práctico.

Trabajo de fin de curso

Presentación de un proyecto de restauración de un hipotético ecosistema degradado.

Calificación

En la calificación final de la asignatura, se tendrá en cuenta la labor realizada por el alumno, evaluada de la siguiente manera:

Trabajo de fin de curso: 5 puntos

Ejercicios realizados a lo largo del curso: 3 puntos

Participación en clases teóricas: 2 puntos

Bibliografía

Allan, J.D. 1995. Stream Ecology. Structure and function of running waters. Chapman & Hall. Londres

Cooke, G.D., E.B. Welch, S.A. Peterson & P.R. Newroth. 1993 (2nd ed.). Restoration and management of lakes and reservoirs. Lewis Publishers. Boca Raton

Harper, D. & J.D. Ferguson (eds). 1995. The ecological basis for river management. Wiley. Chichester

Jorgensen, S.E. & R.A. Vollenweider (eds). 1998. Guidelines of lake management. Vol. 1. Principles of lake management. ILEC & UNEP. Shiga

Kalf, J. 2002. Limnology. Prentice Hall. New Jersey

Petts, G. & P. Calow (eds). 1996. River Flows and Channel Forms. Blackwell. Oxford.

Petts, G. & P. Calow (eds). 1996. River Restoration. Blackwell. Oxford

Petts, G. & P. Calow (eds). 1996. River Biota. Diversity and dynamics. Blackwell. Oxford

Ryding, S.O. & W. Rast (eds). 1992. El control de la eutrofización en lagos y pantanos. UNESCO & Pirámide. Madrid

Steinberg, C.E.W. & R.F. Wright (eds). 1994. Acidification of freshwater ecosystems. Implications for the future. Wiley. Chichester

Thornton, K.W., B.L. Kimmel & F.E. Payne. 1990. Reservoir limnology. Ecological perspectives. Wiley. New York

3.1.2. Técnicas y métodos de estudio de ecosistemas pelágicos

Esta asignatura es de 3 créditos y tiene carácter práctico. Los profesores responsables de la asignatura son:

Profs. Valeriano Rodríguez (UMA) y José M^a Blanco (UMA)

Las clases prácticas se realizarán en sistemas naturales (embalse de El Gergal), en los laboratorios que el Grupo de Ecología Marina y Limnología de la UMA mantiene en la estación experimental Grice-Hutchinson, en los laboratorios del Dpto. de Ecología así como en los pertenecientes a los Servicios Centrales de Apoyo a la Investigación de dicha Universidad. Adicionalmente, los alumnos participarán en alguna de las campañas de muestreo y análisis diseñadas en el contexto del Proyecto Guadalfeo.

Objetivos

El objetivo fundamental de esta asignatura es dotar al alumno de los conocimientos básicos de carácter práctico en relación con las técnicas más usadas y actuales de aplicación en el estudio de la calidad del agua y la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos (aspectos físico-químicos y biológicos).

Temario de la asignatura

Para alcanzar este objetivo, la asignatura se organiza en el siguiente temario:

Bloque I

Tema 1: *Medidas “in situ” de variables físicas.*

Realización de perfiles de extinción de luz. Estimaciones de estabilidad térmica. Aplicación del programa SISDEL.

Tema 2: *Medida de variables químicas (gases, nutrientes) en agua y sedimentos.*

Estudio e interpretación de casos. Funcionamiento de la Estación Automática de Calidad del Agua (Embalse de El Gergal. Sevilla)

Tema 3: *Medidas de variables y procesos biológicos.*

Material (Equipamiento) y Métodos de muestreo de sistemas acuáticos. Identificación y recuento de organismos del plancton. Concentración de pigmentos fotosintéticos. Producción algal. Respiración del zooplancton.

Bloque II

Tema 4: *Análisis del material particulado: Citometría de Flujo y Coulter Counter.*

Introducción: contadores ópticos y electrónicos. Descripción. Principios de funcionamiento. Software y unidad de adquisición. Manejo de los equipos, puesta a punto, análisis de muestras naturales: fitoplancton y bacterias heterótrofas. Análisis de datos y resultados. Construcción de espectros de tamaños.

Tema 5: *Análisis de imagen: analógico y digital.*

Introducción a los equipos. Principio de la calibración. Algoritmos y problemas de conversión de medidas lineales a volumen celular. Adquisición y procesamiento de imágenes de muestras naturales de fitoplancton. Cálculo de volúmenes y elaboración de histogramas de tamaños de la población. Construcción de espectros de tamaños.

Tema 6: *Sondas multiparamétricas.*

Introducción a las sondas multiparamétricas. Descripción de los equipos. Manejo del CTD. Comunicación con el ordenador. Descripción del software. Manejo de la sonda Fluoroprobe. Descripción de las señales ópticas. Relación

con grupos de fitoplancton. Aplicación práctica. Visualización y discusión de resultados.

Ejercicios

Al ser una asignatura práctica, la aplicación de las técnicas deberá traducirse en la cumplimentación de un guión de prácticas individualizado que el alumno entregará al final del desarrollo de la asignatura.

Calificación

Participación en el trabajo práctico: 5

Cumplimentación de guiones: 5

Bibliografía

3.1.3. El impacto ambiental y la gestión de los espacios litorales

Esta asignatura es de tres créditos y se impartirá en la Universidad de Málaga. El profesor responsable de la asignatura:

Prof. Niell.

Objetivos

Sus objetivos son:

1. Descripción de los principales impactos en sistemas litorales (fundamentalmente repercusiones ecológicas) ,
2. Uso de funciones y de aplicaciones del calculo vectorial en la evaluación de impacto ambiental.
3. Aspectos de remediación y de gestion de espacios costeros y litorales.

Esta asignatura es una asignatura eminentemente practica y pretende familiarizar a quien la curse con la toma de decisiones más que con la inexistente teoria sobre evaluación de impacto.La referencia será un espacio de alta intervención humana como es el siatema litoral.

La base de la asignatura es la discusión de casos concretos ya realizados y estos constituyen la “bibliografía”,en segundo lugar esta asignatura pretende la realización de estudios práctico en el entorno de la ciudad donde se desarrolle y por fin todos estos procedimientos de llevarán a cabo con la

procedencia de la diseminación de los resultados en el marco jurisprudencial y de la legislación vigente.

Temario de la asignatura

Para alcanzar estos objetivos la asignatura se organiza en el siguiente temario:

Tema 1: *Variables de estado definatorias del sistema litoral.*

Organismos y accidentes indicadores. Criterios de calidad

Tema 2: *Actividades e intervención en el sistema litoral.*

Vertidos urbanos, puertos, urbanizaciones y actividades industriales diversas. Eventos impredecibles y catastróficos.

Tema 3: *Optimización de los muestreos.*

Decisión sobre el tipo de variables a elegir. Variables clave. Ponderación de variables. Criterios satisfactorios para la procedencia en estudios litorales.

Tema 4: *Métodos de evaluación de impacto.*

Distancias vectoriales y calculo integral simple. El análisis multivariado y el análisis canónico.

Tema 5: *Estudio de casos concretos de evaluación de impacto.*

Aterramiento de un litoral, vertidos urbanos, vertidos fluviales de procedencia agrícola

Tema 6: *Sectorializacion, ordenación y explotación litoral.*

Análisis de motivo (pattern), análisis de sensibilidad. Riesgo, mapas de riesgo. Superficies de tendencia en SIG.

Tema 7: *Estudios integrados de cuencas.*

La introducción del control lejano. Ejemplos

Tema 8: *El factor socio económico.*

Cambios de gestión y cambios de economía. Sostenibilidad. Los usos actuales y la diversificación de usos de los recursos

Ejercicios

Basicamente esta asignatura usará los procesados de datos desde un nivel sencillo ,hasta un nivel de cálculo más complejo.Se implicará al alumno en modelado de simulación mediante parametrización de modelos en diversos “escenarios”

Habrà un trabajo de campo de observación y de cuantificación por rangos ,asi como la toma de medidas y estimaciones de variables cuantitativas,para un ulterior modelado.

Se pretende realizar este trabajo en conjunto en un ambito de debate donde se expongan y discutan diferentes criterios y alternativas.

3.2. ESPECIALIDAD II: AGUA Y SUELO EN ECOSISTEMAS AGRÍCOLAS Y NATURALES 51

Trabajo de fin de curso

Resolver una evaluación de impacto concreta en el ámbito próximo a la localidad de realización del curso

Calificación

Puntuando la calidad, originalidad y aporte personal al trabajo de fin de curso.

Bibliografía

En realidad esta asignatura es un trabajo práctico, no hay manuales y los que hay están en niveles menos ambiciosos que el de esta asignatura.

3.1.4. Seminarios

Los profesores responsables son Profs García Novo (US) y Toja (US).

3.2. Especialidad II: Agua y suelo en ecosistemas agrícolas y naturales

Esta especialidad se desarrolla en la UCO y ofrece cuatro asignaturas.

3.2.1. Hidrología superficial y subterránea

Esta asignatura es de tres créditos y se impartirá en la Universidad de Córdoba. Los profesores responsables de la asignatura son:

Profs. Giráldez (UCO) y Ayuso (UCO)

Objetivos

Los objetivos de la asignatura son:

1. Introducir al alumno al ciclo hidrológico en su conjunto bajo una perspectiva global en la escala espacial y con su carácter variable en lo temporal.
2. Suministrar al alumno las herramientas de análisis de los procesos hidrológicos relacionados con la generación de escorrentía superficial y profunda y la evolución de la humedad en el conjunto suelo-planta-atmósfera.

Temario de la asignatura

Tema 1: *Introducción (1h)*

El ciclo hidrológico: depósitos, procesos y fluctuaciones.

Tema 2: *El agua en la atmósfera (5h)*

Procesos de condensación y evaporación. Formación de lluvia, y rocío. Ocurrencia y distribución de la lluvia.

Tema 3: *El agua en el suelo y la planta. (6h)*

Intercepción del agua de lluvia por la vegetación. Procesos de generación de escorrentía. Infiltración y evaporación en cuencas. Dinámica de la humedad del suelo.

Tema 4: *El agua en los acuíferos (5h)*

Movimiento del agua subterránea y simplificaciones. Identificación de parámetros de acuíferos. Sistemas río-acuífero. Flujo subterráneo en laderas: la meta-ladera.

Tema 5: *Cuencas fluviales. (6h)*

Flujo superficial del agua. Circulación hidrológica, e hidráulica: HUI y el meta-canal. Caracterización dinámica de cuencas. Redes fluviales óptimas.

Tema 6: *Modelos hidrológicos (7h)*

Conceptos. SIG hidrológicos. Problemas de calibración e incertidumbre.

Ejercicios

Tema 2. Análisis de la ocurrencia y distribución de la lluvia. La transformación de la lluvia puntual a lluvia superficial usando factores de reducción superficial. Aplicación a las curvas de intensidad duración frecuencia.

Tema 3. Estimación de la probabilidad de la humedad de un suelo a partir de los parámetros de transmisión de agua y a las características climáticas, determinando las implicaciones que las diferentes opciones de manejo tienen sobre aquella.

Tema 4. Estudio de la contribución subterránea en una cuenca considerando diferentes simplificaciones geométricas e hidráulicas.

Tema 5. Desarrollo y aplicación del HUI en una cuenca. Análisis de las condiciones óptimas de una red fluvial.

Tema 6. Análisis y aplicación de modelos: Topmodel, Kineros.

Trabajo fin de curso

Las clases serán impartidas recordando los principios en los que se basa cada tema y centrando la atención en un problema para explicar diferentes formas de estudiarlo, disponiendo los alumnos de algunas referencias para poder participar activamente en la clase. En casi todos los temas habrá un

3.2. ESPECIALIDAD II: AGUA Y SUELO EN ECOSISTEMAS AGRÍCOLAS Y NATURALES 53

problema como los que se indican arriba para resolverlo y comentar las soluciones también en clase. Será necesario desarrollar un Trabajo de curso que se expondrá al término del mismo.

Calificación

La nota final se compondrá de un 50% de los problemas de clase y un 50% del trabajo final del curso.

Bibliografía

- Bras R.L., Hydrology, McGraw-Hill, Nueva York;
Beven, K.J., 2000, Rainfall-runoff modeling, J. Wiley, Chichester
Bonan, G. 2002, Ecological climatology, Cambridge U.P., Cambridge
Dagan, G., 1989, Flow and transport in porous formations, Springer-Verlag, Berlín
Duan, Q. et al. ed. 2003, Calibration of watershed models, AGU, Washington
Eagleson, P.S: 2002 Ecohydrology, Cambridge U.P., Nueva York
Huisman, L. and T.N. Olsthoorn, 1983, Artificial groundwater recharge, Pitman, Boston.
Kandel, R. 2003, Water from heaven, Columbia U.P., Nueva York.
Peixoto J. P. and A.H. Oort, 1992, Physics of climate, AIP, Nueva York
Pielou, E.C., 1998, Fresh water, The University of Chicago Press, Chicago
Rodríguez-Iturbe I. y A. Rinaldo, 1997, Fractal river basins, Cambridge U.P. Cambridge.
Smith, R. E., 2002, Infiltration theory for hydrologic applications, AGU, Washington

3.2.2. Procesos biogeoquímicos y calidad ambiental

Esta asignatura es de tres créditos, que incluyen teoría y práctica y se impartirá en la ETSIAM de la Universidad de Córdoba. Los profesores responsables de la asignatura son.

Profs. Polo (UCO) y Mateos (IAS)

Objetivos

Los objetivos de la asignatura son:

1. Presentar los principios y técnicas de estudio de la calidad del agua en las distintas fases del ciclo hidrológico y a escala global.

2. Modelar la evolución temporal de la calidad del agua.
3. Comprender y profundizar en el acople de estos modelos con aquellos otros, bien globales o distribuidos, que describen el movimiento del agua en la Tierra.

Temario de la asignatura

Para alcanzar estos objetivos la asignatura se estructura en tres bloques de temas diferenciados:

Tema 1: *Introducción (1h)*

Organización del curso, justificación del programa. Evaluación del mismo.

Bloque I. Procesos que determinan el destino de sustancias en el agua y el suelo.

Tema 2: *Transporte físico (4 h)*

Conceptos básicos y nomenclatura. Procesos de advección, difusión y dispersión. Transferencia de masa.

Tema 3: *Cinética de procesos físicos, químicos y biológicos (2 h)*

Reacciones. Efecto de la temperatura. Equilibrio químico. Balance de masas.

Tema 4: *Estados de equilibrio y transitorios (2 h)*

Balance de masas en un sistema. Estado de equilibrio. Función de transferencia y tiempo de residencia. Evolución temporal de la calidad de las aguas y tiempo de respuesta.

Bloque II. Contaminación.

Tema 5: *Conceptos generales (2 h)*

Definición de contaminante, sustancias conservativas y no conservativas, persistencia, toxicidad, umbrales. Contaminación puntual y difusa.

Tema 6: *Clasificación de contaminantes en relación a los procesos (3 h)*

Origen (actividades), destinos posibles, consecuencias (cadena trófica, especialmente).

III. Modelación de procesos físico-químicos en diferentes entornos.

Tema 7: *Calidad del agua en lagos y embalses (5 h)*

Sistemas con mezcla completa. Condiciones de equilibrio. Aporte de sustancias variable en el tiempo. Estratificación.

Tema 8: *Calidad del agua en cursos superficiales de agua (6 h)*

Modelos advectivo y mixto en sistemas distribuidos. Dispersión longitudinal y mezcla transversal. Aportes puntual y difuso. Estado de equilibrio y transitorios. Experimentos con trazadores.

Tema 9: *Calidad del agua en estuarios (2 h)*

Flujo de agua. Dispersión. Estratificación vertical.

3.2. ESPECIALIDAD II: AGUA Y SUELO EN ECOSISTEMAS AGRÍCOLAS Y NATURALES 55

Tema 10: *Calidad del agua de lixiviación (5 h)*

Adsorción de sustancias en medios porosos. Movimiento de agua y sustancias a través del perfil de suelo. Funciones de transferencia

Tema 11: *Calidad del agua subterránea (2 h)*

Clasificación de acuíferos. Parámetros de un acuífero. Modelos de dispersión en medios porosos saturados. Intrusión marina.

Tema 12: *Gestión integrada de cuencas (6 h)*

Interacción río-acuífero. Transferencia de sustancias desde el suelo al flujo de escorrentía superficial. Contaminación difusa. Modelos distribuidos y SIG. Modelos globales.

Ejercicios

Temas 2, 3 y 4: Obtención de la ecuación de convección-difusión para diferentes condiciones iniciales y de contorno, diferenciando sustancias conservativas y no conservativas. Estimación de constantes cinéticas a partir de ensayos de laboratorio. Cálculo de parámetros característicos de un sistema y su estado en diferentes aplicaciones.

Temas 5 y 6: Identificación para diferentes problemas prácticos de las sustancias comúnmente involucradas, los procesos a tener en cuenta para modelar el estado final del sistema, forma de modelarlos y terceros involucrados.

Temas 7, 8 y 9: Aplicación de la ecuación de convección-difusión para diferentes condiciones iniciales y de contorno, diferenciando sustancias conservativas y no conservativas. Aplicación a sistemas lineales. Aplicación a los casos prácticos más frecuentes en sistema de control de calidad de aguas superficiales. Obtención de parámetros de transporte en un cauce usando trazadores.

Temas 10 y 11: Obtención de la curva de adsorción-desorción de una sustancia. Obtención de la curva de ruptura. Cálculo del avance del frente contaminante en un suelo.

Tema 12: Comparación de modelos disponibles (SWAT, AGNPS...). Obtención del flujo de masas global a la salida de una cuenca partiendo de la información topográfica y temática bajo soporte SIG proporcionada al alumno.

Trabajo de Fin de Curso

Será requisito obligado para superar la asignatura, la realización por parte del alumno de un trabajo individual. Dicho trabajo consistirá en un caso práctico en el que tendrá que aplicar gran parte de los diferentes aspectos

contenidos en el programa. La presentación tendrá formato de informe científico.

Calificación

La calificación del alumno se ajustará entre 1 y 10 puntos, atendiendo a los siguientes criterios:

- Participación en clase, 1
- Entrega de los ejercicios, 4
- Trabajo final, 5

Bibliografía

Campbell, J.B. 1996. Introduction to remote sensing. Taylor & Francis. Londres.

Chapra, S.C. 1997. Surface water-quality modeling. McGraw-Hill. Singapore.

Goodchild, M.F., Parks, B.O., Steyaert, L.T. 1993. Environmental modelling with GIS. Oxford University Press. Oxford.

Graedel, T.E. y Crutzen, P.J. 1993. Atmospheric change. An earth system perspective. Freeman. Nueva York.

James, A. (ed.). 1993. An introduction to water quality modelling. Wiley. Chichester.

Jury, J.A. y Roth, K. 1990. Transfer functions and solute movement through soil. Theory and applications. Birkhäuser. Berlin.

Stumm, W. y Morgan, J.J. 1981. Aquatic chemistry. An introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters. Wiley. Nueva York.

3.2.3. Biofísica ambiental y producción en ecosistemas terrestres

Esta asignatura es de tres créditos y se impartirá en la Universidad de Córdoba. Los profesores responsables de la asignatura son:

Profs. Fereres (IAS-UCO) y Villalobos (UCO)

Objetivos

La asignatura se centra en el estudio de los flujos de masa y de energía a través de comunidades vegetales en ecosistemas terrestres y sus relaciones con el ambiente físico. Se pondrá el énfasis en caracterizar cuantitativamente los procesos que determinan la producción primaria en ecosistemas agrícolas en relación al ambiente físico.

Temario de la asignatura

Tema 1: Flujos de radiación en ecosistemas terrestres.

Física de la radiación. Estimación de la radiación directa y difusa. Balance de radiación. La interceptación de radiación por cubiertas vegetales. Modelos de interceptación de radiación.

Tema 2: Procesos de transporte de calor y de masa relevantes en ecosistemas terrestres.

Difusión molecular y sus ecuaciones de transporte. El viento y el transporte turbulento. Conductancias para el transporte de calor y de masa. La evaporación de cubiertas vegetales y su cuantificación. Modelos de evaporación de cultivos y sus aplicaciones.

Tema 3: La fijación de carbono en ecosistemas terrestres.

La fotosíntesis: aspectos ecofisiológicos. La fotosíntesis de cubiertas vegetales: medidas y modelos. Limitaciones ambientales de los procesos fotosintéticos.

Tema 4: La producción en ecosistemas terrestres.

Los procesos de respiración y de utilización de los fotoasimilados. La distribución de asimilados y su influencia en la producción. La productividad de ecosistemas agrícolas: control ambiental.

Ejercicios

Se realizarán semanalmente, eligiendo temas que requieran un tratamiento cuantitativo.

Trabajo Fin de curso

El alumno elegirá, de acuerdo con el profesor un tema susceptible de profundización. En base a bibliografía o a resultados experimentales proporcionados por el profesor, el alumno preparará un análisis del problema elegido, elaborando una síntesis de resultados para presentarla de forma oral y escrita hacia el final del curso.

Calificación

Examen final: 60%. Trabajo y su presentación: 30%. Ejercicios: 10%.
Textos básicos como referencias bibliográficas para la asignatura

Bibliografía

Campbell, G.S. and J. M. Norman. 1998. An introduction to environmental physics. Springer Verlag, New York.

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

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.

3.2.4. Aplicación de la detección y SIG a la Ingeniería Ambiental.

Esta asignatura es de 3 créditos y será impartida por el Prof. Adolfo Peña (UCO) y la Dra. M^a del Patrocinio González Dugo (CIFA)

Objetivos:

Temario de la asignatura:

Para alcanzar estos objetivos la asignatura se organiza en los siguientes temas.

Tema 1: *Fundamentos de los SIG: Introducción a los formatos vectorial y matricial.*

Tema 2: *Fundamentos de la Teledetección. Principales sensores.*

Tema 3: *Métodos de rectificación geométrica, corrección atmosférica y tratamiento digital básico de las imágenes.*

Tema 4: *Métodos de optimización en modelos ambientales.*

Tema 5: *Modelos digitales del terreno y sus aplicaciones geomorfológicas.*

Tema 6: *Evaluación de redes fluviales.*

Tema 7: *Análisis de procesos erosivos con teledetección. Integración de modelos erosivos en SIG.*

Tema 8: *Prevención de riesgos meteorológicos.*

Tema 9: *Estimación regional de la evapotranspiración mediante sensores remotos y su aplicación al análisis del funcionamiento hidrológico de una cuenca.*

Ejercicios y Prácticas

1. Aplicación de los contenidos teóricos mediante ejemplos prácticos sobre sistemas como ArcInfo, ArcView, GRASS y ERDAS.

3.3. ESPECIALIDAD III: MORFODINÁMICA FLUVIAL Y LITORAL 59

2. Aplicación con modelos hidrológicos distribuidos en conexión con SIG: Mike-She, SWAT, AGNPS, etc.

3. Exposición de los diferentes temas. Trabajo personal del alumno con exposición de artículos relacionados con algún tema del curso. Presentación y discusión de los trabajos en cada sesión. Realización de ejercicios prácticos.

Calificación

Realización y exposición de trabajos por parte de los alumnos y evaluación continua durante el curso mediante la resolución de ejercicios.

Bibliografía

Beven, K.J. e I.D. Moore (ed), 1992, Terrain analysis and distributed modelling in Hidrology, J. Wiley, Chichester.

Bastiaanssen, W.G.M., 1995, Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain, Winand Staring Center for Integrated Land, Soil and Water Resources, Rep. 109, Wageningen.

Burrough, P.A. y R.A. McDonell, 1998, Principles of Geographical Information Systems, Oxford University Press, Nueva York.

De Roo, A.P.J, C.G. Wesseling y C.J. Ritsema, 1996, LISEM- A single-event physically based hydrological and soil erosion model for drainage basins. Hydrol. Proc., 10:1107-1126.

Gaylord, R.J. y K. Nishidate, 1996, Modelling nature, Springer, Nueva York.

Goodchils, M.F., B.O. Parks y L.T. Steyaert (de), 1993, Environmental models with GIS, Oxford University Press.

Kalma, J.D., G.P. Laughlin, J.M. Carpio y P.J.C. Hames, 1992, The bioclimatology of frost, Cap. 6 remote sensing for frost mapping and frost prediction, Advances in Bioclimatology, 2:61-65, Springer-Verlag, Nueva York.

Richards, J.A., 1993, Remote sensing digital image analysis, 2^o edn., Sringer, Berlin.

Rodríguez-Iturbe, I. y A. Rinaldo, 1997, Fractal river basins, Cambridge University Press.

3.3. Especialidad III: Morfodinámica fluvial y litoral

Esta especialidad se desarrolla en la UGR- CEAMA y ofrece cuatro asignaturas.

3.3.1. Procesos morfodinámicos fluvial y litoral

Esta asignatura es de tres créditos y será impartida en el CEAMA, Universidad de Granada. Los profesores responsables de la docencia son: *Profs. Giráldez (UCO), Maldonado (IACT-UGR) y Losada (UGR)*

3.3.2. Objetivos

Sus objetivos son la descripción, caracterización y modelado de los procesos morfodinámicos que aparecen en la interacción flujo-contornos y el transporte de sedimentos asociado.

Temario de la asignatura

Para alcanzar estos objetivos la asignatura se organiza en el siguiente temario:

Tema 1: *Introducción.*

Bloque I. Mecánica del transporte de sedimentos

Tema 2: *Fundamentos hidrodinámicos.*

Capa límite en regímenes uniforme, no uniforme y oscilatorio.

Tema 3: *Descripción y caracterización de partículas sólidas (no cohesivos y cohesivos)*

Tema 4: *Modelos de transporte de sedimentos : inicio por fondo y suspensión*

Tema 5: *Sistemas de medida y adquisición de datos*

Bloque II: Morfodinámica continental

Tema 6: *Morfología de los sistemas fluviales*

Tema 7: *Formas de lecho*

Formas de lecho de pequeña escala, transporte, armado del lecho y perfil de equilibrio. Formas rítmicas del lecho de gran escala: barras longitudinales y oblicuas. Morfología en planta: curvas, meandros, y banales.

Tema 8: *Sedimentación en embalses: formación de deltas*

Tema 9: *Formas eólicas*

Tema 10: *Evolución de laderas*

Bloque III: Morfodinámica litoral

Tema 11: *Morfología de la plataforma continental*

Tema 12: *Análisis 2DH y 2DV del transporte en la plataforma interior*

Transporte en presencia de ola y de corriente. Formas rítmicas: ondas de arena y bancos mareales. La influencia del viento. Transporte en presencia de grupos de olas.

Tema 13: *Análisis 2DV: Perfil de playa*

3.3. ESPECIALIDAD III: MORFODINÁMICA FLUVIAL Y LITORAL 61

Transformación y asimetría del flujo oscilatorio. Undertow, streaming y transporte de masa. Formas de lecho y transporte por fondo, suspensión y flujo de lámina. Perfiles de equilibrio; perfiles en barra y terraza.

Tema 14: *Análisis 2DH de la zona de rompientes.*

Transformación en planta del oleaje y sistemas circulatorios. Morfodinámica de playas. Formas rítmicas: Barras crescéticas y oblicuas.

Tema 15: *Evolución de la línea de costa.*

Modelos de una y n líneas. Modelos numéricos.

Tema 16: *Formación de formas litorales de gran escala: deltas, cordones y flechas*

Bloque IV: Modelos de inestabilidad y perturbación de la superficie y del fondo.

Tema 17: *Generación y desarrollo de formas rítmicas. Sistemas autoorganizados.*

Ejercicios

Se entregarán antes de impartir cada uno de los temas del programa.

Trabajo de fin de curso

El alumno deberá realizar un trabajo de fin de curso sobre alguno de los temas impartidos en la asignatura.

Calificación

Participación en clase y realización de los ejercicios: 4 puntos

Trabajo fin de curso: 6 puntos

Bibliografía

M. Leeder, 1999, Sedimentology and sedimentary basins, Blackwell, Oxford.

P.A. Allen, 1997, Earth surface processes, Blackwell, Oxford;

P.Y. Julien, 1995, Erosion and sedimentation, Cambridge U.P., Cambridge.

Y. Shao, 2000, Physics and modeling of wind erosion, Kluwer, Dordrecht;

M.S. Yalin y A.M. Ferreira da Silva, 2001, Fluvial processes, IAHR, Delft;

P.R. Wilcock y R.M. Iverson, eds., 2003, Prediction in Geomorphology, AGU, Washington.

P.Y. Julien, 2002, River mechanics, Cambridge U.P., Cambridge;

H.H. Chang, 1988, *Fluvial processes in river engineering*, J. Wiley, Nueva York.

3.3.3. Dinámica de fluidos geofísicos

La asignatura es de tres créditos y se impartirá en el CEAMA, Universidad de Granada. Los profesores responsables de la asignatura son: *Profs. García Lafuente (UMA) y Baquerizo Azofra (UGR)*

Objetivos

Analizar los efectos de la rotación y de la estratificación en los movimientos de gran escala de las masas de agua en los océanos (aproximación geostrofica).

Explicar la circulación superficial de los océanos como resultado de la rotación y la cizalla horizontal del viento sobre la superficie oceánica (teorías de “wind-driven circulation”)

Mostrar las técnicas clásicas de trabajo en la determinación de la circulación geostrofica y sus limitaciones

Establecer relaciones entre esta circulación y fenómenos en la plataforma continental y bordes litorales.

Temario de la asignatura

Tema 1: *Introducción*

Dinámica de fluidos geofísicos y oceanografía física. Ámbito de aplicación de la dinámica de fluidos geofísicos.

Tema 2: *Estratificación en los océanos*

Temperatura, salinidad y densidad; ecuación de estado. Diagramas T-S. Temperatura y densidad potencial. Estabilidad estática; fuerzas de flotabilidad; frecuencia natural de oscilación. Estratificación y energía potencial.

Tema 3: *Ecuaciones de movimiento en un fluido en rotación*

Ecuaciones de conservación. Fuerzas dominantes en la dinámica oceánica. Sistema de referencia en rotación: fuerza de Coriolis. Gradientes de presión. Ecuaciones del movimiento de un fluido no viscoso. Viscosidad turbulenta. Ecuaciones del movimiento con viscosidad. Estabilidad dinámica.

Tema 4: *Corrientes sin fricción: flujo geostrofico*

Números de Rossby y de Ekman. Ecuaciones geostroficas. Geopotencial. Flujo barotrópico y baroclino. Ecuación del viento térmico. El problema de las velocidades absolutas. Vorticidad. Ecuación de vorticidad. Conservación de la vorticidad potencial.

3.3. ESPECIALIDAD III: MORFODINÁMICA FLUVIAL Y LITORAL 63

Tema 5: *Corrientes con fricción: circulación forzada por el viento*

La capa Ekman superficial. Transporte Ekman. El efecto de los contornos: afloramiento/hundimiento. Circulación oceánica forzada por el viento: la solución de Sverdrup. Intensificación de las corrientes de contorno occidentales. La solución de Munk.

Tema 6: *Oceanografía de la plataforma continental*

Fenómenos de importancia en la plataforma continental. Mezclas. Afloramiento. Mareas. Frentes en la rotura de la plataforma: acoplamiento con la circulación exterior. Estuarios. Estrechos.

Tema 7: *Oceanografía del litoral*

Fenómenos de transformación del oleaje en la plataforma y zona de rompientes.

Tema 8: *Flujos medios en la zona de rompientes*

Ecuaciones de movimientos medios en la zona de rompientes. Sistemas circulatorios en playas. Análisis 2DV y 2DH.

Tema 9: *Morfodinámica del litoral*

Oscilaciones relacionadas con los grupos de olas. Playas y acantilados.

Tema 10: *Ondas largas en la zona litoral*

Ondas de bordes, grupos de olas y ondas infragarvitorias. Intercambios entre la zona de rompientes y la plataforma continental

Ejercicios

Al comienzo del curso se facilitará al alumno una colección de datos tomados por sonda CTD y que correspondan a una campaña oceanográfica real. A partir de ellos se realizarán ejercicios relacionados con los contenidos de algunos de los diferentes temas. Se escogerá una campaña en la que haya participado el Grupo de Investigación y de la que se dispongan ya resultados elaborados que pudieran servir de ayuda y orientación en el desarrollo de los ejercicios.

Tema 1. Identificación de masas de agua a partir de diagramas temperatura - salinidad. Determinación de la posible evolución espacial de estas masas de agua. Análisis de la estabilidad de la columna de agua y cálculo de la frecuencia natural de oscilación y su distribución tridimensional.

Temas 2 y 3. Determinación del campo de velocidades geostróficas a partir de datos hidrológicos. Descripción de la circulación a distintas profundidades en la región estudiada. Evaluación de la vorticidad geostrófica. Estimación de la estabilidad dinámica.

Temas 4 y 5. Estudios de mezclas a partir de diagramas TS. Identificación de zonas de afloramiento. Identificación de frentes.

Tema 7: Propagación del oleaje por modelos elípticos y parabólicos. Cálculo del sistema circulatorio en la zona de rompientes mediante soluciones analíticas y modelos numéricos. Evaluación de movimientos de largo periodo en la zona de rompientes.

Trabajo fin de curso

Cada alumno escogerá alguno de los temas trabajados en la parte práctica citada y presentará un informe con la interpretación personal del análisis de los datos facilitados.

Calificación

Participación en clase y realización de los ejercicios: 5 puntos
Trabajo fin de curso: 5 puntos

Bibliografía

- Baquerizo, A., Losada, M.A. y López, M. Teoría de ondas de gravedad en el agua. Universidad de Granada, 2003.
- Gill, A. E.: Atmosphere-Ocean Dynamics, Academic Press, New York, 1982.
- Kundu, P.K., Fluid Mechanics, Academic Press, San Diego, 1990.
- Losada, M.A., Morfodinámica de Playas, 1982
- Neuman, G: y W.J. Pierson, Principles of Physical Oceanography, Prentice Hall, New Jersey, 1966.
- Pedlosky, J., Geophysical Fluid Dynamics, Springer-Verlag, New York, 1987.
- Pond, S. y G.L. Pickard, Introductory Dynamical Oceanography, Pergamon Press, Oxford, 1991.
- Tomczak, M. y J.S. Godfrey, Regional Oceanography, an Introduction, Pergamon, Oxford, 1994.

3.3.4. Circulación en ríos y embalses y calidad de las aguas

Esta asignatura es de tres créditos y se impartirá en el CEAMA en Granada. El profesor responsable de la docencia es:

Prof. Chacón Rebollo (US)

Objetivos

Los objetivos de la asignatura son:

1. Estudiar, utilizando un enfoque fenomenológico, los principios fundamentales que rigen los procesos del movimiento del agua y las sustancias en sistemas naturales acuáticos.
2. Evaluar los procesos de transporte y mezcla en ríos, lagos y embalses.
3. Presentar las herramientas para el desarrollo de modelos matemáticos de procesos ecológicos y de calidad de agua en sistemas acuáticos continentales.

Temario de la asignatura

Para alcanzar estos objetivos la asignatura se estructura de la forma:

Tema 1: *Introducción (1h)*

Organización del curso, justificación del programa. Evaluación del mismo.

Bloque I: Procesos hidrodinámicos en ríos y embalses

Tema 2: *Mecanismos de transporte y mezcla en ríos (5 h)*

Modelos convectivo y mixto en sistemas distribuidos. Dispersión longitudinal y mezcla transversal. Aportes puntual y difuso. Estado de equilibrio y transitorios. Experimentos con trazadores.

Tema 3: *Mecanismos de transporte y mezcla en embalses y lagos (5 h)*

La estructura térmica de embalses y lagos. Mecanismos de mezcla por viento y fenómenos convectivos. Procesos de entrada y salidas de agua en embalses. Circulación inducida por viento y ondas internas. Modelos 1-D (verticales) de la evolución de la estratificación.

Bloque II: Modelos matemáticos y numéricos

Esta segunda parte trata sobre la deducción, el análisis y la aproximación numérica de modelos matemáticos básicos de circulación en ríos y embalses. En la parte dedicada al análisis se introducen los conceptos básicos y se calculan algunos flujos de interés. En la parte dedicada a la aproximación numérica, se sigue un enfoque metodológico centrado en la cuestión de la estabilidad. Los dos primeros temas abordan modelos 1D en ríos, y en el tercero, modelos 3D en embalses. Se consideran métodos numéricos en volúmenes finitos para los modelos de ríos, y en elementos finitos para los modelos de embalses

Tema 4: *Modelos matemáticos de ríos: Flujos subcríticos.*

Deducción del modelo: Leyes de conservación. Crecidas: Cálculo de velocidades de propagación e hidrograma. Método de las características. Algunas propiedades de interés: Efectos lineales (propagación de ondas) y no lineales

(formación de discontinuidades, ondas de rarefacción). Modelos numéricos. Método de los volúmenes finitos. Estabilidad y difusión numérica.

Tema 5: *Modelos matemáticos de ríos: Ecuaciones de Aguas Someras 1D.*

Deducción del modelo: Balance de masa y momento cinético. Cálculo de flujos de interés: Salto hidráulico. Rotura de presas. Condiciones de contorno en regímenes subcrítico y supercrítico. Condición de entropía. Modelos numéricos mediante Volúmenes Finitos. Equilibrado de efectos de topografía variable. Métodos de descomposición y de diferencia de flujo.

Tema 6: *Modelos matemáticos de embalses: Ecuaciones Primitivas 3D*

Deducción del modelo: Hipótesis de Boussinesq e hidrostática. Hipótesis de techo rígido. Formulación débil. Imposición de las condiciones de contorno. Discretización mediante el método de los Elementos Finitos. Tratamiento de la incompresibilidad. Simulación de flujos de interés: Capa de Eckman y afloramientos.

Bloque III: Calidad de las aguas continentales

Tema 7: *Las ecuaciones de Streeter-Phelps: calidad de aguas en ríos (2 h).*

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Modelos de evolución de DBO para fuentes puntuales y distribuidas de contaminación. Demanda de oxígeno en el sedimento.

Tema 8: *Luz y fotosíntesis en ecosistemas acuáticos (1 h).*

Atenuación de luz en medios acuáticos. Fotosíntesis y respiración. Modelos.

Tema 9: *El ciclo del oxígeno y procesos redox (1 h).*

Tema 10 : *Nutrientes, productividad y procesos de eutrofización (4 h).*

El problema de eutrofización y su relación con los nutrientes. El ciclo del nitrógeno. El concepto de cargas de fósforo. El crecimiento de algas. Interacción fitoplancton-zooplancton. El modelo QUAL2E.

Tema 11: *Deposición y resuspensión. Volatilización (1 h).*

Ejercicios

Temas 3, 4 y 5: Obtención de la ecuación de convección-difusión-dispersión para diferentes condiciones iniciales y de contorno, diferenciando sustancias conservativas y no conservativas.

Tema 6: Cálculo del balance de energía en la cuenca del río Guadalfeo y estudio de los distintos términos del balance de energía a distintas escalas de tiempo. Estimación de la evaporación. Comparación con series de datos de evaporímetros de la cuenca del río Guadalfeo

Tema 7: Estudio de liberación de trazadores en un tramo del río Guadalfeo. determinación de velocidad y coeficientes de dispersión. Estudio de mezcla

3.3. ESPECIALIDAD III: MORFODINÁMICA FLUVIAL Y LITORAL 67

horizontal. (previsto para el mes de Mayo).

Temas 9 a 13: Simulaciones del modelo QUAL2E aplicadas a un tramo del río Guadalfeo

Trabajo de Fin de Curso

Será requisito obligado para superar la asignatura, la realización por parte del alumno de un trabajo individual. Dicho trabajo consistirá en un caso práctico en el que tendrá que aplicar gran parte de los diferentes aspectos contenidos en el programa. La presentación tendrá formato de informe científico.

Calificación

La calificación del alumno se ajustará entre 1 y 10 puntos, atendiendo a los siguientes criterios:

Participación en clase, 1

Entrega de los ejercicios, 4

Trabajo final, 5

3.3.5. Bibliografía

Brufau, P. y García Navarro, P. : Conceptos básicos de hidrodinámica de superficie. Copy Center, Zaragoza (2001).

Chapra, S. C. 1997. Surface water-quality modeling. McGraw-Hill. Singapore.

Fischer, H. B., E. J. List, R. C. Y. Koh, J. Imberger, N. H. Brooks. 1979. Mixing in Inland and Coastal Waters. Academic Press.

James, A. (ed.). 1993. An introduction to water quality modelling. Wiley. Chichester.

Rutherford, J.C. 1994. River mixing. Wiley. Chichester.

Toro, E. F. : Shock-capturing methods for free-surface shallow flows. Wiley (2001)

Vreudenghill, C. B. : Numerical methods for Shallow-Water flow. Kluwer, Dordrecht (1994).

3.3.6. Gestión integrada de las cuencas y de sus áreas litorales

Esta asignatura es de tres créditos. El profesor responsable de la asignatura es *Prof. Niell Castanera (UMA)*

Objetivos

Sus objetivos son:

1. Descripción de los principales impactos en sistemas fluviales y litorales (fundamentalmente repercusiones ecológicas) ,
2. Uso de funciones y de aplicaciones del calculo vectorial en la evaluación de impacto ambiental.
3. Aspectos de remediación y de gestion de espacios fluviales, costeros y litorales.

Temario de la asignatura

Para alcanzar estos objetivos la asignatura se organiza en el siguiente temario:

Tema 1: *Definición integrada de Cuenca.*

Factores que influyen en una cuenca y su funcionamiento: procesos naturales y antropogénicos. Sucesos eventuales. Repercusión de las cuencas en los sistemas costeros y litorales. Sectorialización de cuencas. Muestreos. Modelado.

Tema 2: *Hidrologia.*

Generación de corrientes. Muestreo, análisis y tratamiento y comprensión de datos Modelado. Balance hídrico, criterios de medida. Trazadores.

Tema 3: *La deposición Atmosférica.*

Tipos de deposición. Metodos cuantitativos de medida de deposición. Balances de masa. Ejemplos.

Tema 4: *Geologia.*

Composición, metamorfismo y erosión. El papel de los procesos geodinámicos en los ecosistemas, pectos cinéticos. Modelado. Determinación de tasas globales de metamorfosis y erosión métodos.

Tema 5: *El suelo.*

Métodos de estudio del suelo y del agua del suelo. El suelo como sistema: génesis y evolución. Clasificación Variabilidad espacial y temporal del suelo. Impacto antropogenico en los suelos, recuperación de suelos. Suelos arenosos y porosos litorales, conservación de la calidad del agua.

Tema 6: *El potencial hidrico subteraneo.*

La participacion del agua del subsuelo en el ciclo hidrico de la cuenca. Metodos de estudio, estimación de volúmenes. Hidroquímica. Calidad, uso y conservación de los acuíferos

Tema 7: *El sedimento.*

3.3. ESPECIALIDAD III: MORFODINÁMICA FLUVIAL Y LITORAL 69

El sedimento como un suelo. Particularidades del sedimento: difusión y flujos. Diagénesis. Intercambio sedimento agua. Resuspensión . Bioturbación y degasificación. Metodos de datación y registro de fenomenos integrados en el sedimento. Biogeoquímica sedimentaria. Modelos cinéticos.

Tema 8: *Los procesos biológicos en la cuenca.*

Cambios en el espacio y en el tiempo escalas de variabilidad. Muestreo: frecuencia, tamaño y número de muestras. Perspectiva paleoecología y definición de tendencias. Producción primaria y ciclo de nutrientes. El papel del metabolismo de las bacterias. Tiempo de residencia y de renovación. Procesos biológicos dependientes del transporte fluvial. Conservación.

Tema 9: *Elementos traza y otras especies químicas.*

Metodos analíticos, interpretación de resultados . Elementos de toxicología y ecotoxicología. Diversos ejemplos. Vías de futuro: descontaminación

Tema 10: *Incidencia de los procesos de la cuenca en la zona litoral.*

Estuarios y Deltas: hidrodinámica funcional y repercusión en los sistemas biológicos. Colmatación y eutrofización.

Tema 11: *Impacto en cuencas.*

Procedimientos de estudio. Fuentes de impacto. Usos del espacio. Suelo urbano, prácticas agrícolas, ganaderas y forestales. Contaminación difusa y puntual. Modelos de impacto.

Ejercicios

Se entregarán a lo largo del curso

Trabajo de fin de curso

Se definirá a lo largo del curso

Calificación

Se valorará la participación en clase, la entrega de los ejercicios y la realización del trabajo de fin de curso.

Bibliografía

- Chow.W.T.(1964) Handbook of Applied Hydrobiology. Mc Graw-Hill,N.Y. ■
Colman ,S.and D.P.Dethier (1986)rates of weathering of rocks and minerals Academic Press Orlando 603 pp
Drever ,J.J. 1985) The chemistry of weathering Reidel .Holland.
HarrisonA.F.;P.Ineson;O.W. Heal (1990) Nutrient cycling in terrestrial environments.Elsevier

Jhonson, D.W and S.E.Lindberg (1992) Atmospheric deposition and forest nutrient cycling. Ecological studies Series 91 Springer Verlag, N.Y.

707 pp

Likens, G.E.; F.H.Bormann; N.M.. Jhonson; D.W.Fisher and R.S. Pierce (1977) Biogeochemistry of a forested Ecosystem. Springer-Verlag N.Y. 146 pp

Linsley, R.K.Jr; M.A. Koeler; J.I.H. Paulhus (1975) Hydrobiology for engineers. McGraw-Hill N.Y.

Moldan, B. and J.Cerný. (1994) Biogeochemistry of small catchments. A tool for environmental research SCOPE 51. Wiley and Sons. Chichester U.K. 419 pp

Capítulo 4

Líneas de Investigación Tutelada

4.0.7. Dinámica de flujos ambientales: General

Tutor: Prof. Fernández-Feria (UMA)

Estabilidad hidrodinámica de flujos ambientales. Se analizará la estabilidad hidrodinámica de un chorro, o de un flujo con rotación, o de un flujo estratificado, o de otro flujo de interés ambiental, dependiendo del tema específico de la tesis doctoral que esté desarrollando el alumno.

Tutor: Dr. Ortega Casanova (UMA)

Simulación numérica de flujos ambientales. Técnicas numéricas de interés para la simulación de flujos en embalses, lagos, estuarios,

Tutor: Prof. Ortiz Rossini (UGR)

Técnicas numéricas no estructuradas para la modelado de flujos a superficie libre.

Tutor: Prof. Barrero Ripoll (US)

Flujo turbulentos bifásicos. Técnicas experimentales y aplicaciones

Tutor: Prof. Herrada Gutierrez (US)

Flujo turbulentos bifásicos. Técnicas numéricas y su aplicación a los sistemas particulados.

4.0.8. Especialidad I: Ecosistemas acuáticos

Tutor: Prof. Niell (UMA)

Aspectos biogeoquímicos de la incidencia de cuencas en zonas costeras

Tutor: Prof. Cruz Pizarro (UGR)

Gestión y restauración de zonas húmedas deltaicas. Se pretenden evaluar propuestas de restauración de los humedales de la Albufera de Adra sobre la

base del análisis de testigos de sedimentos que den cuenta de la dinámica del proceso de eutrofización que a lo largo del tiempo han venido sufriendo las lagunas

Tutor: Prof. Rodríguez Martínez (UMA)

Dinámica de masas de agua y estructura de ecosistemas pelágicos. A través de una revisión de la información publicada sobre masas de agua en condiciones diferentes de movimiento vertical y su efecto sobre la estructura de tamaños en sistemas pelágicos continentales y marinos.

Tutor: Prof. Blanco (UMA)

Modelos unidimensionales para el estudio de la interacción entre ambiente físico y estructura de tamaños del plancton. Se pretende desarrollar un modelo sencillo de una columna de agua (unidimensional) sometida a distintas condiciones de movimiento vertical, para comprobar el efecto que produce en los perfiles de distribución de organismos y en su espectro de tamaños. Una vez confeccionado el modelo, se ensayará en distintas condiciones de luz y de nutrientes y se analizará la sensibilidad de la estructura de tamaños a estos factores físicos.

Tutor: Prof. Lucena (UMA)

Estudio integral de cuencas en la gestión del medio natural. El trabajo de investigación tutelada propuesto viene respaldado por la experiencia de una serie de trabajos realizados en la Reserva Natural de la Laguna de Fuente de Piedra desde el año 1974. De ellos se deduce la importancia que tiene en los medios acuáticos endorreicos el conocimiento del funcionamiento integral de la cuenca para la definición y el desarrollo de las actividades de gestión, encaminadas a la conservación de dicho Espacio Natural Protegido.

4.0.9. Especialidad II: Agua y suelo en ecosistemas agrícolas y naturales

Tutor: Prof. Giráldez Cervera (UCO)

Procesos de generación de escorrentía en superficies de extensión variable
Análisis de la influencia geomorfológica en la respuesta hidrológica de la cuenca

Caracterización de los procesos erosivos en función de la escala

Tutora: Profa. Polo Gómez (UCO)

Transferencia de solutos al agua de escorrentía. Se analizará el proceso de adquisición de sustancias del agua de escorrentía superficial en su contacto con la superficie del suelo, incidiendo en la profundidad de la capa de mezcla, características del suelo, características del flujo de agua, y su relación con el uso y manejo del suelo.

Transporte de solutos a través del suelo. A partir de los diferentes modelos contrastados, se realizarán ensayos de campo se evaluarán modelos más simples que permitan su inclusión en estudios a escala de cuenca, utilizando datos adquiridos en campo o ensayos de laboratorio.

Modelos de contaminación difusa. Se analizará el acople de los modelos de circulación de agua con los modelos de transferencia de sustancias a la misma, con el fin de obtener soluciones simples que permitan su uso en áreas extensas y heterogéneas, comparando el nivel de aproximación conseguido con el modelos más complejos.

Tutor: Prof. Fereres Castiel(UCO-IAS)

Conservación del agua en la agricultura de secano. Se estudia la eficiencia en el uso del agua de lluvia, los sistemas de conservación del agua y la adaptación de los cultivos a las condiciones de secano.

Manejo del agua de riego. Se trabaja en el desarrollo de métodos y en la formulación de modelos que permitan la gestión eficiente del agua de riego a las distintas escalas, desde la parcela hasta la zona regable.

Sistemas para detectar estrés hídrico en plantas. Se desarrollan sensores que permiten la programación de los riegos de acuerdo a las necesidades de los cultivos, a la vez que es posible inducir niveles moderados de estrés hídrico para ahorrar agua.

Tutor: Prof. Mateos (IAS)

Hidrología e ingeniería del riego

Modelos de gestión del riego

Flujos de sedimentos y agroquímicos con el agua de riego

Tutor: Prof. Villalobos (IAS)

Técnicas de medida de evapotranspiración y transpiración

Evaluación de necesidades hídricas de cultivos y rotaciones

Modelos de balance de agua para la programación de riegos

Tutor: Dr. Orgaz Rosua (UCO)

Agronomía. Análisis de los factores biofísicos y técnicos que determinan el comportamiento de los sistemas de cultivo.

Agricultura de conservación. Tecnologías de laboreo de conservación, relaciones suelo-agua en sistemas agrícolas y manejo de los cultivos.

Sistemas agrícolas de la Cuenca Mediterránea. Desarrollo de enfoques para aumentar la sostenibilidad y la productividad de los principales sistemas agrícolas basados en la combinación de experimentación y modelación del sistema.

Tutor: Prof. Nanía Escobar (UGR)

Procesos ambientales que influyen en el comportamiento hidrológico de la cuenca: distribución espacial y temporal de la precipitación.

Impacto de la urbanización en el comportamiento hidrológico de la cuenca.

Tutor: Prof. Peña Acevedo (UCO)

Aplicaciones hidrológicas del SIG. Métodos de rectificación geométrica de imágenes. Métodos de optimización en modelos ambientales. Modelos digitales del terreno y sus aplicaciones geomorfológicas. Evaluación de redes fluviales. Análisis de los procesos erosivos con teledetección. Integración de procesos erosivos en SIG.

4.0.10. Especialidad III: Morfodinámica fluvial y litoral

Tutora: Profa. Baquerizo Azofra (UGR)

Morfodinámica de bahías elípticas. Apoyados en el desarrollo analítico realizado para evaluar el flujo medio en playas elípticas, se analizará el desarrollo de morfologías de equilibrio en el fondo y su posterior evolución.

Modelos analíticos para el estudio de la marea meteorológica y maremotos. Se resolverá el problema de contorno lineal en costas rectilíneas y en estuarios estrechos y se comparará con medidas en algunos lugares del litoral español donde se cumplen las condiciones requeridas para obtener una solución.

Tutor: Prof. García Lafuente (UMA)

Modelos de intercambio baroclino en estrechos: Sistema circulatorio en el estrecho de Gibraltar

Forzamiento meteorológico y climático en mares semicerrados. En ambas investigaciones se pretende evidenciar la importancia que tiene una constricción topográfica importante (Estrecho) en los procesos dinámicos globales en mares semicerrados y realizar una aplicación al estrecho de Gibraltar.

Tutor: Prof. Losada Rodríguez (UGR)

Morfodinámica de formas rítmicas en la zona de rompientes y en la plataforma continental interior. Se analizarán los diferentes mecanismos que explican la formación y posterior evolución de formas rítmicas en función de las características del oleaje y de los sistemas circulatorios residuales. Se estudiará su estabilidad a perturbaciones de diferente origen.

Tutor: Prof. Maldonado López (IACT-UGR)

Técnicas de medida y análisis de formaciones rítmicas submarinas, ondas de arena, barras crecénticas y transversales. Se estudiarán las técnicas de medida en el medio marino de la topografía submarina, la interpretación de la señal.

Tutor: Dr. Rueda Valdivia (UGR)

Estudio numérico de los procesos hidrodinámicos en la desembocadura del río en un embalse. Se ejecutarán y analizarán simulaciones numéricas con

modelos 3-D de los procesos de mezcla y transporte en la cola de embalses, y se estudiará la influencia de tales procesos en la distribución vertical de sustancias en el vaso.

Aplicación de modelos 3-D de circulación a embalses: procesos de toma selectiva (“selective withdrawal”) y su influencia en el campo de ondas internas. Un modelo hidrostático 3-D de circulación será adaptado para representar procesos de descarga a distintos niveles, y se utilizará posteriormente para estudiar la influencia de la descarga en cabeza sobre los patrones de circulación y transporte del embalse, y en particular sobre el campo de ondas internas.

Estudio de patrones espacio-temporales de parámetros fisico-químicos del agua en redes fluviales: aplicación a la cuenca del Río Guadalfeo. Se estudiarán los patrones espacio temporales de la temperatura del agua (y posiblemente otros parámetros fisico-químicos), y la posibilidad de modelar estos parámetros con herramientas estadísticas (Kalman-filter) y redes artificiales neuronales.

Tutor: Prof. Chacón Rebollo (US)

Los temas de investigación tutelada que se proponen se inscriben en el ámbito del desarrollo, análisis matemático y validación de simuladores numéricos 3D de flujos geofísicos mediante elementos finitos. Engloban los siguientes aspectos:

Modelos: Ecuaciones Primitivas del Océano (Navier-Stokes Hidrostático) y variantes (modelo no hidrostático). Hipótesis de techo rígido o superficie libre.

Técnicas de aproximación: Elementos Finitos prismáticos (en espacio). Diferencias finitas ó Método de las Características (en tiempo).

Algunas características técnicas: Tratamiento de la convección dominante mediante Método de las Características, Métodos Estabilizados (SUPG), Métodos distributivos. Especialmente para las Ecuaciones de Salinidad y Temperatura.

Aplicaciones: Embalses, Flujo marino (Estrecho de Gibraltar, Afloramientos costeros).

Pre y post-proceso: Adaptación de mallas, Elaboración de visualizadores específicos.

Se propondrán varias líneas de investigación en este ámbito:

Resolución de la ecuación de convección-difusión para salinidad y temperatura.

Paralelización.

Adaptación de mallas.

Simulación del flujo inducido por el viento en el Embalse del Gergal.

Simulación del intercambio de aguas Atlántico/Mediterráneo en el Estrecho de Gibraltar.

Referencias adicionales

Bavovich, V; Larsen, L. C., Eds.: *Hydroinformatics 98*. Bakelma, Róterdam (1998).

García Navarro, P., Playán, E., Eds.: *Numerical Modelling of Hydrodynamic Systems*. Universidad de Zaragoza (1999).

Kowalik, Z.; Murty, T. S.: *Numerical Modelling of Ocean Dynamics*. World Scientific, Singapore (1993).

Lewandowski, R.: *Analyse Mathématique et Océanographie*. Masson, París (1997).