



Asignatura: Tratamiento biológico de aguas residuales  
Código: 30629  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Máster en Microbiología  
Nivel: Máster  
Tipo: Optativa  
Nº de créditos: 4 ECTS

**ASIGNATURA / COURSE TITLE:**

**Tratamiento biológico de aguas residuales/ Biological wastewater treatment**

**1.1. Código / Course number**

30629

**1.2. Materia / Content area**

Microbiología Ambiental / Environmental Microbiology

**1.3. Tipo / Course type**

Formación optativa / Elective subject

**1.4. Nivel / Course level**

Máster / Master (second cycle)

**1.5. Curso / Year**

1º / 1<sup>st</sup>

**1.6. Semestre / Semester**

1º / 1<sup>st</sup> (Fall semester)

**1.7. Idioma / Language**

Español. Se emplea también Inglés en material docente / In addition to Spanish, English is also extensively used in teaching material

**1.8. Requisitos previos / Prerequisites**

Ninguno / None



Asignatura: Tratamiento biológico de aguas residuales  
Código: 30629  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Máster en Microbiología  
Nivel: Máster  
Tipo: Optativa  
Nº de créditos: 4 ECTS

## 1.9. Requisitos mínimos de asistencia a las sesiones presenciales / **Minimum attendance requirement**

La asistencia es obligatoria al menos en un 80% / **Attendance at a minimum of 80% of in-class sessions is mandatory**

La asistencia a los trabajos de campo (visitas técnicas) es obligatoria / **Attendance to fieldwork is mandatory**

## 1.10. Datos del equipo docente / **Faculty data**

Docente(s) / **Lecturer(s)**: José Luis Sanz Martín

Departamento de / **Department of**: Biología Molecular / **Molecular Biology**

Facultad / **Faculty**: Ciencias / **Sciences**

Despacho - Módulo / **Office - Module**: Biológicas - Sótano C-14

Teléfono / **Phone**: +34 91 4974303

Correo electrónico/**Email**: joseluis.sanz@uam.es

Página web/**Website**: <http://www.cbm.uam.es/jlsanz/docencia>

Horario de atención al alumnado/**Office hours**: 9-13:30 y 15-18

## 1.11. Objetivos del curso / **Course objectives**

Competencias a alcanzar por los estudiantes:

- Conocer los sistemas de depuración de aguas residuales, los grupos de microorganismos implicados y los parámetros físico-químicos y operacionales que afectan a su funcionamiento, proponiendo soluciones idóneas en función de las características de la contaminación, agua residual, situación económica, etc.
- Desarrollar destrezas teóricas y experimentales que permitan aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares), los conceptos, principios, teorías o modelos adquiridos en la asignatura Tratamiento biológico de aguas residuales
- Manejar las principales fuentes de información científica, siendo capaces de buscar información relevante a través de Internet, de las bases de datos bibliográficas y de la lectura crítica de trabajos científicos, conociendo la bibliografía especializada en el campo del tratamiento biológico de aguas residuales
- Elaborar un trabajo escrito con datos bibliográficos, presentarlo públicamente y debatir cualquier aspecto relativo a los mismos.

Skills to be gained:

- To know the wastewater treatment systems, the groups of microorganisms involved and the operational and physical-chemical parameters that affect its performance, proposing suitable solutions according to the characteristics of the pollution, wastewater, economic situation, etc.



Asignatura: Tratamiento biológico de aguas residuales  
Código: 30629  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Máster en Microbiología  
Nivel: Máster  
Tipo: Optativa  
Nº de créditos: 4 ECTS

- To develop theoretical and experimental skills that allow them to apply to new environments the concepts, principles, theories or models acquired in the subject of biological wastewaters treatment.
- To handle the sources of scientific literature, being able of looking for information in the Internet and the bibliographical databases, knowing the literature specialized in the field of the biological wastewater treatment.
- To write a short report from an article, to present it publicly and to debate any aspect relative to it.

## 1.12. Contenidos del programa / Course contents

*Componentes de un agua residual. Etapas y procesos unitarios de una estación depuradora. Depuración aerobia de aguas residuales urbanas. Características de los sistemas de depuración aerobios convencionales y de bajo coste. Microbiología de los fangos activos, las biopelículas y los sistemas de lagunaje. Digestión anaerobia. Bioquímica y microbiología. Factores ambientales y sustancias inhibitorias que afectan a la digestión anaerobia. Tipos de reactores anaerobios. Reactores de segunda y tercera generación. El UASB. Estructura y microbiología del lodo granular. Biogás. Depuración aerobia versus depuración anaerobia: ventajas e inconvenientes. Elección del sistema de tratamiento: parámetros relacionados con el agua y parámetros económicos.*

1. **Introducción.** Tendencias actuales y sistemas integrados.
2. **Contaminantes del agua y estructura de la biomasa.** Fuentes de contaminación. Componentes de un agua residual. Parámetros de medida. Características de las aguas residuales urbanas. Formas y estructuras de la biomasa. Biopelículas. Ventajas de los agregados sobre el crecimiento disperso o floculento
3. **Procesos unitarios en una estación depuradora.** Aplicación al caso de las aguas residuales urbanas. Línea de aguas: pre-tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento terciario. Línea de fangos: espesamiento, digestión, deshidratación.
4. **Sistemas aerobios. I: Tecnologías convencionales.** Degradación aerobia de materia orgánica. Fangos activos. Tipos y configuraciones hidráulicas. Microbiología de los fangos activos. Estructura del ecosistema. Bacterias, protozoos, hongos. Problemas. Biopelículas. Mecanismos de formación. Microbiología: bacterias, hongos, protozoos. Tipos de reactores aerobios con biopelícula. Filtro percolador o lechos bacterianos. Biodiscos. Filtros aireados.
5. **Sistemas aerobios. II: Tecnologías de bajo coste.** Tecnologías de bajo coste. Lagunas de estabilización (lagunaje). Lagunas anaerobias, facultativas y aerobias o de maduración. Microbiología: bacterias, algas y otros grupos. Otras tecnologías



blandas. Tratamientos *in situ* con aplicación sub-superficial. Lechos de turba. Filtro biológico o filtro verde. Microorganismos del suelo de interés en la depuración de aguas residuales. Humedales construidos. Comparación entre diferentes sistemas aerobios.

6. **Digestión anaerobia I: Microbiología.** Introducción. Cinética, Bioquímica y Microbiología de las diferentes etapas. Hidrólisis, fermentación y  $\beta$ -oxidación, acetogénesis, metanogénesis, sulfato-reducción. Origen de las bacterias de un digestor. Papel de la presión parcial de hidrógeno en la digestión anaerobia.
7. **Digestión anaerobia II: Factores ambientales.** Efecto de los factores ambientales sobre la digestión anaerobia: oxígeno, pH, temperatura, nutrientes. Inhibición: tipos de sustancias tóxicas, ácidos grasos volátiles, sulfuros, amoníaco, metales pesados, compuestos antropogénicos. Adaptación y aclimatación de la biomasa anaerobia. Factores que afectan a la toxicidad y recuperación.
8. **Reactores anaerobios I: Tipos y características.** Reactores con la biomasa no unida a un soporte: mezcla completa (CSTR), reactor de contacto, reactor anaerobio de flujo ascendente con manto de lodos (UASB), reactor anaerobio por lotes en serie (ASBR), reactor anaerobio con deflectores (ABR). Reactores con la biomasa unida a un soporte: filtros anaerobios, biodiscos, reactores de contacto con soporte (CASBER), reactores de lecho fluido y lecho expandido. Digestión en dos fases.
9. **Reactores anaerobios II: UASB y lodo granular.** Reactores de segunda generación. El UASB. Componentes. Diseño: dimensiones, sistema de distribución del afluente, separador de tres fases, sedimentador. Efecto de los sólidos en suspensión. Reactores de tercera generación: EGSB e IC. El lodo granular y el fenómeno de la granulación. Transporte: difusión, porosidad y tamaño del gránulo. Microbiología de los gránulos. Mecanismos de granulación: hipótesis de la presión selectiva.
10. **Biogás y tecnologías anaerobias blandas.** Composición, valor energético y utilización del biogás. Fosa séptica y tanque Imhoff. Pequeños digestores con aprovechamiento del biogás.
11. **Factores que afectan a la elección del sistema de tratamiento.** Características del agua residual. Situación local. Depuración aerobia vs. depuración anaerobia: ventajas e inconvenientes.

1. [Introduction](#)
2. [Wastewater pollutants and forms of biomass](#)
3. [Processes in a wastewater treatment plant](#)
4. [Aerobic systems I: Conventional technologies](#)
5. [Aerobic systems II: Low cost technologies](#)
6. [Anaerobic digestion I: Microbiology](#)
7. [Anaerobic digestion II: Environmental factors](#)



Asignatura: Tratamiento biológico de aguas residuales  
Código: 30629  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Máster en Microbiología  
Nivel: Máster  
Tipo: Optativa  
Nº de créditos: 4 ECTS

8. Anaerobic reactors I: types and characteristics
9. Anaerobic reactors II: high rate reactors and the granular sludge
10. Biogas and low cost anaerobic technologies
11. Election of wastewater treatment system. Aerobic vs anaerobic technologies

### 1.13. Referencias de consulta / Course bibliography

#### General

- *Water and Wastewater Microbiology (The Handbook of)*. 2003. D. Mara y N. Horan (editores). Academic Press, London.
- *Wastewater Microbiology*, 3<sup>th</sup> ed. 2005. G. Bitton. Wiley Series in Ecological and Applied Microbiology, Wiley-Liss, A John Wiley & Sons, Inc. Pub., N.J.

#### Temas 1-5: tecnologías aerobias / Topics 1-5: aerobic technologies

- *Tratamiento de aguas residuales*. 1990. R.S. Ramalho. Ed. Reverté, S.A.
- *Depuradoras. Bases científicas*. 1997. José Catalán Lafuente. Editorial Bellisco. Madrid.
- *Depuración de aguas residuales*. 1988. J.A. Díaz Lázaro-Carrasco. MOPU.
- *Depuración de aguas residuales*. 1994. A. Hernández Muñoz. Servicio de publicaciones de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid (UPM), colección Señor, 9.
- *Depuración de aguas residuales en pequeñas comunidades*. 1992. R. Collado Lara. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, colección Señor nº 12.
- *Depuración por lagunaje de aguas residuales*. Manual de operadores. 1991. Monografías de la Secretaría de Estado para las Políticas del Agua y el Medio Ambiente. MOPT.
- *Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales*. 1989. M. Rigola Lapeña. Marcombo, S.A., col. Productica.

#### Temas 6-10: tecnologías anaerobias / Topics 6-10: anaerobic technologies

- *Depuración anaerobia de aguas residuales*. 1988. F. Fdz. Polanco, P.A. García, S. Hernando (coord.). Actas del 4º Seminario D.A.A.R. Secretariado de publicaciones, Universidad de Valladolid.
- *Anaerobic Digestion Processes in Industrial Wastewater Treatment*. 1986. S. M. Stronach, T. Rudd, J.N. Lester. Biotechnology Monographs, Vol. 2. Springer-Verlag, Berlín.
- *Anaerobic Biotechnology (for Industrial wastewater)*. 1996. R.E. Speece. Archae Press, Nashville, Tennessee.



Asignatura: Tratamiento biológico de aguas residuales  
Código: 30629  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Máster en Microbiología  
Nivel: Máster  
Tipo: Optativa  
Nº de créditos: 4 ECTS

- *Anaerobic digestion for sustainable development*. 2001. M.J. Lexmond, J.B. van Lier, P.N.L. Lens, J.A. Field, L.W. Hulshoff Pol & G. Zeeman (eds). Water Science & Technology 44(8) (volumen especial dedicado al Gatzke Lettinga Farewell seminar).
- *The phenomenon of granulation of anaerobic sludge*. 1989. Look W. Hulshoff-Pol. Tesis doctoral. LU Wageningen.
- *Anaerobic Granular Sludge: caracterización, and factors affecting its functioning*. 1994. Arne Alphenaar. Tesis Doctoral, LU Wageningen.

Los artículos se indicarán directamente en clase, variando y actualizándose en cada curso académico.

## 2. Métodos docentes / Teaching methodology

- Lección magistral, para transmisión masiva de conocimientos que permitan mostrar a los alumnos las características básicas de los sistemas de depuración de aguas residuales. Para ello se utilizarán las técnicas informáticas disponibles (*Powerpoint* y página *web* del profesor). Los alumnos dispondrán, previo a la exposición de cada tema, de un resumen del mismo (<http://www.cbm.uam.es/jlsanz/docencia>) y de los recursos informáticos que se les suministrarán en clase. Incluye el estudio de casos.
- Seminarios, preparados e impartidos por los alumnos sobre casos prácticos y/o lecturas especializadas pero de interés general. Permitirán aplicar los conceptos adquiridos, elaborar un informe y presentarlo públicamente.
- Visitas a depuradoras, que permitirán a los alumnos conocer la estructura y funcionamiento real de plantas depuradoras. Se visitará, al menos, una depuradora de aguas residuales urbanas (aerobia) y una de aguas residuales industriales (anaerobia).

## 3. Tiempo de trabajo del estudiante / Student workload

		Nº de horas	Porcentaje
Presencial	Clases teóricas	24 h (24%)	47% = 47 horas
	Seminarios	8 h (8%)	
	Visitas técnicas	12 h (12%)	



Asignatura: Tratamiento biológico de aguas residuales  
Código: 30629  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Máster en Microbiología  
Nivel: Máster  
Tipo: Optativa  
Nº de créditos: 4 ECTS

	Realización del examen final	3 h (3%)	
No presencial	Estudio semanal	36 h (36%)	53% = 53 horas
	Preparación seminario	8 h (8%)	
	Preparación del examen	9 h (9%)	
<b>Carga total de horas de trabajo</b>		<b>100 h</b>	

#### 4. Métodos de evaluación y porcentaje en la calificación final / Evaluation procedures and weight of components in the final grade

- Evaluación continuada (asistencia a clases, participación en discusiones, interés, ..): 20% de la nota final. Se requiere una asistencia mínima del 80% de las actividades presenciales. Se descontará 0.1 punto por cada falta. Se trata de motivar la asistencia a clases y las visitas técnicas (obligatorias), facilitando la adquisición de conocimientos por el alumno y la discusión alumnos-profesor.
- Seminarios: 20% de la nota final, evaluándose tanto el trabajo escrito como la presentación oral y la capacidad de discusión.
- Examen final escrito: 60% de la nota final. En el se evaluará la asimilación de contenidos básicos teóricos y se asegura que el alumno conoce los sistemas de depuración, sus características y funcionamiento. Será preciso obtener una nota mínima de 4 (sobre 10) para aprobar la asignatura.

En la convocatoria extraordinaria se evaluará exclusivamente un examen escrito o, si el alumno así lo solicita, oral.

#### 5. Cronograma\* / Course calendar

Semana Week	Contenido Contents	Horas presenciales Contact hours	Horas no presenciales Independent study time
1	Lección magistral	4	6
2	Lección magistral	4	6
3	Lección magistral Preparación seminario	4	6 2,7
4	Lección magistral Visita técnica Preparación seminario	4 2	6 2,7
5	Lección magistral Visita técnica	4 5	6



Asignatura: Tratamiento biológico de aguas residuales  
Código: 30629  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Máster en Microbiología  
Nivel: Máster  
Tipo: Optativa  
Nº de créditos: 4 ECTS

Semana Week	Contenido Contents	Horas presenciales Contact hours	Horas no presenciales Independent study time
	Preparación seminario		2,7
6	Lección magistral Seminarios	4 4	6
7	Visita técnica Seminarios	5 4	
8	Preparación y realización examen	3	9

\*Este cronograma tiene carácter orientativo.