



FACULTAD DE  
CIENCIAS QUÍMICAS

# BIOQUÍMICA AMBIENTAL

GUÍA DOCENTE

Grado en Química

Curso 2023-2024



UNIVERSIDAD  
COMPLUTENSE  
MADRID



## I.- IDENTIFICACIÓN

<b>NOMBRE DE LA ASIGNATURA:</b>	<b>Bioquímica Ambiental</b>
<b>NÚMERO DE CRÉDITOS:</b>	<b>6</b>
<b>CARÁCTER:</b>	<b>Optativa</b>
<b>MATERIA:</b>	<b>Complementos Avanzados en Química</b>
<b>MÓDULO:</b>	<b>Avanzado</b>
<b>TITULACIÓN:</b>	<b>Grado en Química</b>
<b>SEMESTRE/CUATRIMESTRE:</b>	<b>Segundo semestre (cuarto curso)</b>
<b>DEPARTAMENTO/S:</b>	<b>Bioquímica y Biología Molecular</b>

### PROFESOR/ES RESPONSABLE/S:

Teoría Seminario Tutoría	<b>Profesor:</b> JAVIER TURNAY ABAD <b>Departamento:</b> Bioquímica y Biología Molecular <b>Despacho:</b> L-13, 4ª planta, QA <b>e-mail:</b> <a href="mailto:turnay@ucm.es">turnay@ucm.es</a>
Teoría Seminario Tutoría	<b>Profesor:</b> TANIA AGUADO SÁNCHEZ <b>Departamento:</b> Bioquímica y Biología Molecular <b>Despacho:</b> Laboratorio 2, 1ª planta Edificio Anexo, Fac. CC. Biológicas <b>e-mail:</b> <a href="mailto:taguado@ucm.es">taguado@ucm.es</a>

## II.- OBJETIVOS

### ■ OBJETIVO GENERAL

Proporcionar al estudiante una visión general de los ciclos biogeoquímicos y de los organismos implicados en ellos, de los mecanismos moleculares de toxicidad de los principales contaminantes medioambientales, así como de los procesos de biorremediación empleando microorganismos y plantas.

### ■ OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- o Conocer y clasificar los organismos implicados en los distintos ciclos biogeoquímicos en función de la fuente de energía, carbono y poder reductor empleadas.
- o Conocer las principales rutas biosintéticas y de obtención de energía de los organismos implicados en ciclos biogeoquímicos específicos.
- o Analizar los principales sistemas enzimáticos implicados en reacciones de detoxificación en animales y plantas.
- o Estudiar los mecanismos moleculares de acción específicos o de toxicidad de pesticidas y de otros contaminantes medioambientales, así como los mecanismos biológicos de defensa frente a los mismos.
- o Analizar los mecanismos biológicos/bioquímicos implicados en procesos de biorremediación de distintos tipos de contaminantes empleando plantas o microorganismos.



### III.- CONOCIMIENTOS PREVIOS Y RECOMENDACIONES

#### ■ CONOCIMIENTOS PREVIOS:

#### ■ RECOMENDACIONES:

Se recomienda haber cursado y superado la asignatura *Bioquímica*.

### IV.- CONTENIDOS

#### ■ BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS:

Organismos vivos y su interrelación con el entorno. Contaminación. Ciclos biogeoquímicos. Toxicología: fases cinética y dinámica de los contaminantes. Reacciones de fase I y fase II. Contaminantes ambientales más frecuentes. Mecanismos moleculares de los efectos tóxicos o de su actividad específica. Mecanismos biológicos de defensa y reparación. Biorremediación de la contaminación mediante microorganismos y plantas.

#### ■ PROGRAMA:

##### A. INTRODUCCIÓN

1. Introducción a la Bioquímica Ambiental. Biosfera: flujo de materia y energía y principales organismos implicados en los ciclos biogeoquímicos. Atmósfera: composición química, reacciones y contaminantes. Hidrosfera: solubilidad de gases y contaminación. Litosfera: composición de suelos, nutrientes y fertilizantes, y contaminación.

##### B. CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

2. Ciclo del oxígeno. Producción y consumo de oxígeno por los seres vivos: fotosíntesis y respiración. Metabolismo energético aerobio. Fosforilación oxidativa y síntesis de ATP.
3. Ciclo del carbono. Relación con el ciclo del oxígeno. Fotosíntesis. Fotólisis del agua: producción de ATP y NADPH. Asimilación de dióxido de carbono: ciclo de Calvin. Fotorrespiración y adaptaciones fotosintéticas a temperaturas elevadas.
4. Ciclo del metano. Metanógenos: ruta bioenergética y ruta biosintética. Metanotrofos y metilotrofos: ruta bioenergética. Rutas biosintéticas: vías de la ribulosa-5-fosfato y de la serina.
5. Ciclo del nitrógeno. Fijación biológica del nitrógeno. Asimilación del amonio y síntesis de aminoácidos. Amonificación y nitrificación. Absorción y reducción asimilatoria de nitratos. Desnitrificación.
6. Ciclos del azufre y del hierro. Bacterias del azufre. Reducción desasimilatoria de sulfatos. Reducción bacteriana del hierro férrico. Oxidación bacteriana de sulfuros y del hierro: biolixiviación de metales.



### C. BIOTRANSFORMACIÓN Y MECANISMOS DE TOXICIDAD DE CONTAMINANTES EN ANIMALES Y EN PLANTAS

7. Metabolismo de xenobióticos. Esquema general. Reacciones de oxidación: citocromos P<sub>450</sub>. Reacciones de reducción e hidrólisis.
8. Reacciones de fase II. Glucuronilación y otras reacciones de fase II en animales. Reacciones de fase II en plantas.
9. Toxicidad de contaminantes orgánicos. Plaguicidas como principales contaminantes de suelos: persistencia. Herbicidas: mecanismos de acción e inespecificidad. Efectos de los insecticidas sobre la neurotransmisión.
10. Mecanismos de acción de dioxinas, dibenzofuranos polihalogenados y bifenilos polihalogenados. Toxicidad de otros contaminantes orgánicos.
11. Toxicidad de contaminantes inorgánicos. Elementos y compuestos metálicos. Acciones a nivel molecular de metales pesados y otros metales. Mecanismos biológicos de defensa.
12. Contaminantes inorgánicos gaseosos. Monóxido de carbono. Óxidos de azufre. Óxidos de nitrógeno y nitritos. Toxicidad del ozono y del “smog” fotoquímico. Generación de radicales libres y especies reactivas de oxígeno: toxicidad y mecanismos de eliminación y reparación.
13. Acción de contaminantes sobre el DNA. Tipos de mutaciones. Mutagénesis espontánea. Mutagénesis por agentes físicos: efecto de radiaciones ionizantes y de la radiación UV.
14. Mutagénesis por agentes químicos. Sistemas de reparación del DNA.

### D. BIORREMEDIACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

15. Biorremediación por plantas y hongos. Manipulación genética de plantas: aplicaciones ambientales. Fitorremediación de suelos contaminados.
16. Bioeliminación de contaminantes mediante el uso de microorganismos. Degradación de hidrocarburos del petróleo. Desulfuración del petróleo. Degradación de pesticidas. Tratamiento microbiológico de aguas contaminadas por metales.

## V.- COMPETENCIAS

### ■ GENERALES:

- **CG1-MA1:** Reconocer y valorar los procesos químicos en la vida diaria.
- **CG2-MA1:** Valorar la importancia de la Química y su impacto en la sociedad industrial y tecnológica.
- **CG2-MA2:** Relacionar áreas interdisciplinares en plena expansión, y tomar conciencia de la importancia que la investigación interdisciplinar tiene en el avance de la Ciencia.
- **CG3-MA1:** Demostrar una base de conocimientos y habilidades con las que pueda continuar sus estudios en áreas especializadas de Química o en áreas multidisciplinares.



- **CG4-MA1:** Plasmar los conocimientos específicos de cada materia en el lenguaje científico, universal, entendido y compartido interdisciplinariamente.
- **CG8-MA1:** Valorar investigaciones y estudios detallados en el campo de la Química.

#### ■ ESPECÍFICAS:

- **CE17-MACQ1:** Reconocer los principales mecanismos moleculares de defensa frente a la acción tóxica de sustancias procedentes del medio ambiente.
- **CE17-MACQ2:** Explicar y proponer procesos de biorremediación mediante el empleo de plantas o de microorganismos naturales o modificados genéticamente.
- **CE17-MACQ3:** Analizar problemas medioambientales actuales y su repercusión desde un punto de vista bioquímico en los seres vivos y su entorno.
- **CE18-MACQ1:** Identificar los principales contaminantes ambientales y formular las principales vías de actuación bioquímica de xenobióticos, y su relación con los mecanismos de actuación de sustancias endógenas.
- **CE20-MACQ1:** Identificar los principales organismos implicados en los ciclos biogeoquímicos y en biorremediación, y las rutas metabólicas energéticas y biosintéticas implicadas.

#### ■ TRANSVERSALES:

- **CT1-MA1:** Elaborar y escribir memorias e informes de carácter científico y técnico.
- **CT2-MA1:** Trabajar en equipo.
- **CT5-MA1:** Consultar, utilizar y analizar cualquier fuente bibliográfica.
- **CT5-MA2:** Manejar bibliografía y bases de datos especializadas, y de recursos accesibles a través de Internet.
- **CT8-MA1:** Comunicarse en español utilizando los medios audiovisuales más habituales.
- **CT11-MA1:** Desarrollar trabajo autónomo.
- **CT12-MA1:** Desarrollar sensibilidad hacia temas medioambientales y preservación del medioambiente.

## VI. – RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Al finalizar esta asignatura, el estudiante debe ser capaz de:

- Identificar los principales organismos implicados en los ciclos biogeoquímicos y en procesos de biorremediación.
- Describir el papel desempeñado por los elementos abióticos en los seres vivos.
- Establecer qué organismos participan en los ciclos del oxígeno, carbono, nitrógeno, azufre, hierro y fósforo en la Biosfera.



- Conocer los mecanismos moleculares generales por los que los distintos organismos obtienen energía, así como las rutas biosintéticas específicas de cada uno de ellos.
- Describir las reacciones generales de detoxificación de xenobióticos en animales y en plantas, así como enumerar los sistemas enzimáticos fundamentales implicados en dichos procesos.
- Clasificar e identificar los distintos tipos de plaguicidas, describiendo sus mecanismos de actuación y su posible toxicidad en animales y plantas.
- Describir la base molecular de la toxicidad de distintos tipos de contaminantes, tanto de naturaleza orgánica como inorgánica.
- Enumerar los sistemas biológicos de defensa frente a distintos tipos de contaminantes.
- Enumerar los tipos más frecuentes de mutaciones, así como los agentes medioambientales que pueden originarlas y los sistemas enzimáticos que las pueden llegar a corregir.
- Definir el concepto de fitorremediación y clasificar las distintas técnicas que se emplean actualmente, indicando el tipo de contaminante hacia el que van dirigidas.
- Describir las principales vías metabólicas de bioeliminación por microorganismos de la contaminación por hidrocarburos, pesticidas u otros contaminantes orgánicos, tanto en condiciones aeróbicas como anaeróbicas.
- Enumerar los tipos bacterianos capaces de degradar hidrocarburos azufrados recalcitrantes y describir las rutas metabólicas de mayor interés económico y medioambiental.
- Esquematar los principales tipos de tratamientos microbiológicos de aguas contaminadas por metales.

**VII. – HORAS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN POR ACTIVIDAD**

Actividad	Presencial (horas)	Trabajo autónomo (horas)	Créditos
Clases teóricas	39	61	4,0
Seminarios	6	14	0,8
Tutorías/Trabajos dirigidos	2	8	0,4
Laboratorios	-	-	-
Preparación de trabajos y exámenes	5	15	0,8
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>98</b>	<b>6</b>

**VIII.- METODOLOGÍA**

Las actividades formativas para adquirir las competencias en “Bioquímica Ambiental” están centradas en un conjunto de **clases teóricas**, donde se exponen de forma clara los objetivos de los distintos temas a tratar durante el curso, así como se desarrollan los contenidos fundamentales. En dichas clases se pone a disposición de los alumnos abundante material gráfico, esquemas y vídeos que permiten una mejor comprensión de los aspectos



desarrollados. Todo este material adicional se pone a disposición de los alumnos como fotocopias o bien en soporte informático a través del “**Campus Virtual**”.

De forma complementaria a las clases teóricas, se fomentará la participación de los alumnos en **seminarios especializados** en distintos temas de actualidad relacionados con el temario de la asignatura que podrán ser impartidos bien por especialistas en el tema o bien por los propios alumnos como resultado de la realización de trabajos de revisión bibliográfica. Éstos últimos estarán ayudados por **tutorías dirigidas** en las cuales se orientará a los alumnos en las técnicas más importantes de búsqueda de información científica bien a través de búsquedas bibliográficas de revisiones o trabajos especializados, bien a través de consultas a través de Internet de distintas páginas web de grupos implicados en investigaciones sobre los temas escogidos. Los trabajos desarrollados por los alumnos se expondrán en público, lo que redundará en su beneficio, ya que permite el afianzamiento de los conocimientos adquiridos y les facilitará en un futuro la exposición de sus trabajos de investigación.

## IX.- BIBLIOGRAFÍA

### ■ BÁSICA:

Al principio de curso se comentará la bibliografía recomendada, indicando los aspectos más relevantes de cada texto. No se va a seguir un libro de texto concreto para el desarrollo de la asignatura, ya que se trata de una asignatura multidisciplinar y algunos de los temas están basados en artículos recientes publicados en revistas científicas. En caso necesario, además de estos textos, se indicará a los alumnos la bibliografía específica para cada tema o artículos de investigación y revisiones actualizadas. A continuación, se relacionan textos recomendados de carácter general.

- Tymoczko, Berg y Stryer. “*Bioquímica. Curso básico*”, 2ª edición. Ed. Reverté (2014)
- Stryer, Berg y Tymoczko: “*Bioquímica con aplicaciones clínicas*”, 7ª edición. Ed. Reverté (2013).
- Müller-Esterl: “*Bioquímica. Fundamentos para medicina y ciencias de la vida*”, 1ª edición. Ed. Reverté (2008).
- Lodish y otros: “*Biología celular y molecular*”, 7ª edición. Ed. Médica Panamericana (2016).
- Lodish y otros: “*Molecular Cell Biology*”, 9th edition. Ed. McMillan Learning (2021) (inglés)
- Madigan, Martinko, Bender, Buckley y Stahl: “*Brock. Biología de los microorganismos*”, 14ª edición. Ed. Pearson (2015)
- Madigan, Bender, Buckley, Sattley, Stahl: “*Brock. Biology of Microorganisms*”, 16th edition. Ed. Pearson (2020) (inglés)

### ■ COMPLEMENTARIA:

- Thieman y Palladino: “*Introducción a la biotecnología*”, 1ª edición. Ed. Pearson Educación (2010).
- Renneberg: “*Biotecnología para principiantes*”, 1ª edición. Ed. Reverté (2008).
- Manahan: “*Introducción a la química ambiental*”, 1ª edición. Ed. Reverté (2007).



## X.- EVALUACIÓN

Para poder acceder a la evaluación final será necesario que el alumno haya participado al menos en el 70% de total de sesiones en que se reparten las actividades presenciales. El rendimiento académico del alumno y la calificación final de la asignatura se computarán de forma ponderada, atendiendo a los porcentajes que se muestran en cada uno de los aspectos recogidos a continuación. Todas las calificaciones estarán basadas en la puntuación absoluta sobre 10 puntos de acuerdo con la escala establecida en el RD 1125/2003. Será necesario alcanzar 5 puntos entre todas las actividades para aprobar la asignatura. Este criterio se mantendrá en todas las convocatorias.

Las calificaciones de las actividades previstas para la evaluación de la asignatura (exámenes, entrega de ejercicios, trabajo en grupo,...) se comunicarán a los estudiantes con la antelación suficiente antes de la realización del examen final, para que puedan planificar adecuadamente el estudio de ésta u otras asignaturas.

En todo caso, se respetará el plazo mínimo de siete días entre la publicación de las calificaciones y la fecha del examen final de la asignatura.

### ■ TRABAJO PERSONAL Y ACTIVIDADES DIRIGIDAS: 30%

Se considerarán en este apartado los trabajos de revisión bibliográfica sobre diferentes aspectos relacionados con los contenidos de la asignatura, así como su exposición. La calificación obtenida por el alumno en la convocatoria ordinaria por este concepto se mantendrá en la convocatoria extraordinaria.

Competencias evaluadas: CG1-MA1, CG2-MA1, CG2-MA2, CG3-MA1, CG4-MA1, CG8-MA1, CE17-MACQ1, CE17-MACQ2, CE17-MACQ3, CE18-MACQ1, CE20-MACQ1, CT1-MA1, CT2-MA1, CT5-MA1, CT5-MA2, CT8-MA1, CT11-MA1, CT12-MA1.

### ■ EXÁMENES ESCRITOS: 70%

Convocatoria ordinaria: el examen final tendrá lugar al finalizar el segundo cuatrimestre, en la fecha, hora y lugar previamente fijado por las autoridades académicas del centro. La calificación de este examen supondrá un 70% de la calificación final, siendo necesaria, a efectos de ponderación con las otras calificaciones, que el alumno obtenga al menos una calificación de 4 puntos (sobre 10).

Convocatoria extraordinaria: a aquellos alumnos que no alcancen el mínimo de cuatro puntos exigido en el examen final de la convocatoria ordinaria, o que la media ponderada de todos los elementos de valuación no alcance la calificación de 5 puntos, se les realizará otro examen en la convocatoria extraordinaria. Para la calificación final de esta convocatoria se mantendrán los mismos criterios de calificación mínima y media ponderada que para la convocatoria ordinaria.

Competencias evaluadas: CG1-MA1, CG2-MA1, CG2-MA2, CG4-MA1, CG8-MA1, CE17-MACQ1, CE17-MACQ2, CE17-MACQ3, CE18-MACQ1, CE20-MACQ1, CT11-MAQA.

### ■ PARTICIPACION ACTIVA:

La asistencia a todas las actividades presenciales es **obligatoria**, y la participación activa del alumno en todas las actividades docentes se valorará positivamente en la calificación final.





PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES – CRONOGRAMA

TEMA	ACTIVIDAD	HORAS	GRUPOS	INICIO	FIN
1. Introducción a la Bioquímica Ambiental.	Clases Teoría	5	1	1ª semana	2ª semana
	Seminario	1	1		
2. Ciclos biogeoquímicos.	Clases Teoría	11	1	3ª semana	7ª semana
	Seminario	2	1		
3. Biotransformación y mecanismos de toxicidad de contaminantes en animales y plantas.	Clases Teoría	19	1	7ª semana	14ª semana
	Seminario	2	1		
4. Biorremediación de la contaminación.	Clases Teoría	4	1	14ª semana	15ª semana
	Seminario	1	1		
	Tutoría programada*	2	2	Por determinar	

\* Las semanas de las tutorías programadas dependen de la planificación del resto de asignaturas del curso.



RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES

Actividad docente	Competencias asociadas	Actividad Profesor	Actividad alumno	Procedimiento de evaluación	P	NP	Total	C
Clases de teoría	CG1-MA1, CG2-MA1, CG2-MA2, CG4-MA1, CG8-MA1, CE17-MACQ1, CE17-MACQ2, CE17-MACQ3, CE18-MACQ1, CE20-MACQ1, CT1-MA1, CT2-MA1, CT5-MA1, CT5-MA2, CT8-MA1, CT11-MA1, CT12-MA1	Exposición de aspectos teóricos de la asignatura	Toma de apuntes. Formulación de preguntas y dudas.	Valoración de la participación y de las respuestas a preguntas relacionadas con los conceptos teóricos o prácticos explicados.	39	61	100	30%
Seminarios	CG1-MA1, CG2-MA1, CG2-MA2, CG3-MA1, CG4-MA1, CG8-MA1, CE17-MACQ1, CE17-MACQ2, CE17-MACQ3, CE18-MACQ1, CE20-MACQ1, CT1-MA1, CT2-MA1, CT5-MA1, CT5-MA2, CT8-MA1, CT11-MA1, CT12-MA1	Exposición de trabajos teórico-prácticos relacionados con el temario de la asignatura.	Exposición de trabajos teórico-prácticos relacionados con el temario de la asignatura. Formulación de preguntas y dudas		6	14	20	
Tutorías/ Trabajo personal	CG1-MA1, CG2-MA1, CG2-MA2, CG3-MA1, CG4-MA1, CG8-MA1, CE17-MACQ1, CE17-MACQ2, CE17-MACQ3, CE18-MACQ1, CE20-MACQ1, CT1-MA1, CT2-MA1, CT5-MA1, CT5-MA2, CT8-MA1, CT11-MA1, CT12-MA1	Dirección y supervisión del estudio y actividades del alumno. Elaboración y propuesta de trabajos. Valoración crítica de los mismos.	Consulta al profesor sobre las dificultades conceptuales y metodológicas que encuentra al estudiar la materia. Planteamiento de cuestiones y respuesta a las propuestas por el profesor.		2	8	10	
Exámenes/ Controles	CG1-MA1, CG2-MA1, CG2-MA2, CG4-MA1, CG8-MA1, CE17-MACQ1, CE17-MACQ2, CE17-MACQ3, CE18-MACQ1, CE20-MACQ1, CT11-MA1, CT12-MA1	Propuesta, vigilancia y corrección de los controles. Calificación del alumno.	Preparación y realización de los exámenes y/o controles.	Calificación de los exámenes realizados.	5	15	20	70%

P : Presenciales; NP: no presenciales (trabajo autónomo); C: calificación