



Máster en Ciencia y Tecnología Químicas
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Complutense de Madrid

Guía docente
Escenarios 1, 2 y 3:

SISTEMAS AUTOMÁTICOS Y
MINIATURIZADOS, SENSORES Y
BIOSENSORES EN ANÁLISIS

Código: 605209

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
CURSO 2021-2022

ESCENARIO 1. PRESENCIAL

Nombre de la asignatura (*Subject name*)

Sistemas automáticos y miniaturizados, sensores y biosensores en análisis
Automatic and miniaturized systems, sensors and biosensors in analysis

Duración

Primer semestre

Créditos ECTS /Carácter

6 ECTS/Optativa, Materia 2.1 (Itinerario 1)
6 ECTS/Obligatoria, Materia 2.3 (Itinerario 3)

Contenidos básicos (*Subject knowledge*)

Principios básicos y tecnología de la miniaturización. Miniaturización total en el proceso analítico. Nanopartículas y materiales nanoestructurados. Elementos de (bio)reconocimiento. Sensores y biosensores electroquímicos. Sensores y biosensores ópticos. Sensores térmicos y másicos. Aplicaciones representativas de los (bio)sensores.

Miniaturization: Basic principles and technology. Miniaturization in the analytical process. Nanoparticles and nanostructured materials. (Bio)recognition elements. Electrochemical sensors and biosensors. Optical sensors and biosensors. Mass and thermal sensors. Representative applications of (bio)sensors.

Profesores y ubicación

Profesor	Elena Benito Peña
Departamento	Química Analítica
Despacho	QB-437
Correo electrónico	elenabp@ucm.es

Profesor	Susana Campuzano Ruiz
Departamento	Química Analítica
Despacho	QB-342B
Correo electrónico	susanacr@ucm.es

Profesores de Practicas

Profesor	Elena Benito Peña
Departamento	Química Analítica
Despacho	QB-437
Correo electrónico	elenabp@ucm.es

Profesor	Susana Campuzano Ruiz
Departamento	Química Analítica
Despacho	QB-342B
Correo electrónico	susanacr@ucm.es

Objetivos y competencias (*Abilities and Skills*)

OBJETIVOS

Esta asignatura participa de los objetivos generales del Máster en Ciencia y Tecnología Químicas aplicados al conocimiento de los sistemas automáticos y miniaturizados, sensores y biosensores en análisis.

ABILITIES

This subject includes the general abilities of the Chemical Science and Technology Master applied to the knowledge of automatic and miniaturized systems, sensors and biosensors in analysis.

COMPETENCIAS GENERALES

- CG1.- Integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de problemas de Química Analítica.
- CG2.- Desarrollar habilidades teórico-prácticas para resolver problemas de interés científico y social en el contexto de la Química Analítica
- CG3.- Interpretar y analizar datos complejos en el entorno de la Química Analítica y la Tecnología Química.
- CG4.- Reconocer y evaluar la calidad de los resultados teóricos y prácticos utilizando las herramientas metroológicas adecuadas.
- CG5.- Utilizar y reconocer la tecnología de los materiales para poder resolver problemas químicos en los entornos medioambiental, alimentario y clínico.
- CG6.- Conocer y comprender los fundamentos científicos del mundo de los materiales y la relación entre estructura, propiedades, y aplicaciones.

GENERAL SKILLS

- GS1.- Knowledge integration and confrontation with the complexity of problems in Analytical Chemistry.*
- GS2.- Development of theoretical and practical skills to solve problems of social and scientific interest in the context of Analytical Chemistry.*
- GS3.- Interpretation and analysis of complex data in the fields of Analytical Chemistry and Chemical Technology.*
- GS4.- Identification and evaluation of the quality of theoretical and practical results using the adequate metrological tools.*
- GS5.- Use and identification of the materials technology to be able to solve chemical problems in the environmental, food and clinical fields.*
- GS6.- To know and understand the scientific basis of the materials and their structure – properties – applications relationships.*

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS:

- CE1.- Desarrollar habilidades teórico-prácticas en técnicas instrumentales aplicadas al desarrollo de sistemas miniaturizados y automatizados.
- CE2.- Planificar la experimentación de acuerdo a modelos teóricos o experimentales establecidos
- CE6.- Aplicar los conocimientos adquiridos, tanto teóricos como prácticos, sobre sensores y biosensores químicos, a la resolución de problemas químicos en diversos entornos.
- CE7.- Formular juicios a partir de información química adquirida, que incluya reflexión sobre responsabilidades sociales y sostenibilidad.
- CE11.- Interrelacionar entre si todos los conocimientos adquiridos y relacionarlos, a su vez, con problemas reales de interés medioambiental, alimentario y clínico.

SPECIFIC SKILLS

- SS1.- Development of theoretical and practical skills in instrumental techniques applied to the development of miniaturized and automatic systems.*
- SS2.- To design research according to theoretical and experimental established models.*
- SS6.- Application of the acquired knowledge on chemical sensors and biosensors, both theoretical and practical, to chemical problems solving in various areas.*
- SS7.- To make judgements based on the acquired chemical information including a reflexion on social responsibilities and sustainability.*
- SS11.- Interrelate all the acquired knowledge and also relate them with real problems of environmental, food and clinical interest.*

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT1.- Elaborar, escribir y defender informes de carácter científico y técnico.
- CT2.- Trabajar en equipo.
- CT3.- Valorar la importancia de la sostenibilidad y el respeto al medio ambiente.
- CT4.- Demostrar capacidad de autoaprendizaje.
- CT5.- Demostrar compromiso ético.
- CT6.- Comunicar resultados de forma oral/escrita.
- CT7.- Trabajar con seguridad en laboratorios de investigación.
- CT8.- Demostrar motivación por la investigación científica.

GENERIC COMPETENCES

- GC1.- Elaboration, writing and defence of scientific and technical reports.*
- GC2.- Group work.*
- GC3.- To value the importance of sustainability and environmental concern.*
- GC4.- Demonstration of self-learning capabilities.*
- GC5.- Demonstration of ethic compromise.*
- GC6.- Ability to communicate results both in oral and writing forms.*
- CC7.- Safe work in research laboratories.*
- CC8.- Demonstration of motivation by scientific research.*

Contextualización en el Máster

La asignatura se incluye en el Módulo 2 (Especialización) del Master en Ciencia y Tecnología Químicas en las materias:

Materia 2.1. Nanociencia y Nanomateriales (OP)

Materia 2.3. Instrumentación y Análisis (OB)

Programa de la asignatura

1. Sensores y biosensores ópticos (19.5 horas)
 - Fundamento
 - Elementos de reconocimiento: tipos e inmovilización.
 - Principios de medida
 - Sensores ópticos. Aplicaciones seleccionadas al análisis de alimentos, medioambiental y clínico
2. Sensores y biosensores electroquímicos (19.5 horas)
 - Fundamentos
 - Materiales: modificadores electródicos, materiales nanoestructurados
 - Sensores electroquímicos
 - Biosensores electroquímicos: clasificación
 - Preparación: estrategias de modificación, métodos de inmovilización
 - Aplicaciones recientes en análisis clínico, medioambiental y alimentario
3. Sensores másicos (1 hora)
 - Microbalanza de cristal de cuarzo
4. Miniaturización en el proceso analítico (4 horas)
 - Introducción
 - Tecnología “lab-on-a-chip”: conceptos y terminología
 - Micro y nanotecnologías
 - Análisis y detección sobre plataformas hidrodinámicas y electrocinéticas miniaturizadas
 - Microchips analíticos
 - Aplicaciones

Clases prácticas: 4 sesiones de 3 horas

1. Obtención y aplicación de biosensores amperométricos para la determinación de un analito de interés (2 sesiones)
2. Sensor óptico para la medida de oxígeno en aguas (1 sesión)
3. Preparación de un biosensor óptico (1 sesión)

Metodología y programación docente

La programación docente se desarrollará a través de clases teóricas, clases de seminarios, tutorías programadas y prácticas de laboratorio. En las clases teóricas y de seminario se desarrollará el contenido de los diferentes temas. El material necesario para el desarrollo de las clases se publicará en el Campus Virtual. En las tutorías los alumnos expondrán trabajos relacionados con los diferentes temas de la asignatura. Las clases prácticas se realizarán en cuatro sesiones de tres horas.

Programación Docente

Actividad	Presencial (horas)	Trabajo autónomo (horas)	Créditos ECTS
Clases teóricas/Theory classes	36	54	3.6
Seminarios/Seminars	8	12	0.8
Tutorías/ Tutorials	2	3	0.2
Laboratorio/Laboratory	12	9	0.84
Preparación de trabajos/memoria de laboratorio y exámenes/ Work Group preparation, lab report and exams	5	9	0.56
Total	63	87	6

Resultados del aprendizaje (*Learning results*)

Una vez superada esta asignatura, el alumno deberá ser capaz de:

- Conocer los materiales básicos utilizados en la fabricación de (bio)sensores ópticos y electroquímicos.
- Conocer los principios básicos de medida aplicados en el desarrollo de (bio)sensores ópticos.
- Diseñar estrategias de modificación de electrodos con objeto de fabricar (bio)sensores electroquímicos.
- Describir los métodos de inmovilización de material biológico y de indicadores químicos para la fabricación de (bio)sensores ópticos.
- Describir métodos de inmovilización de material biológico en materiales electródicos.
- Describir y diseñar sensores y biosensores ópticos.
- Describir y diseñar diferentes (bio)sensores electroquímicos, tanto enzimáticos como inmunosensores o sensores de ADN.
- Describir los fundamentos de los sensores másicos.
- Conocer los componentes de la microbalanza de cristal de cuarzo.
- Explicar el funcionamiento de la microbalanza de cristal de cuarzo.
- Conocer aplicaciones actuales de (bio)sensores ópticos, electroquímicos y másicos.
- Conocer la importancia del uso de microchips en electroforesis capilar con detección electroquímica.
- Describir el manejo de microchips en electroforesis capilar.
- Explicar la importancia del empleo de nanomateriales como detectores en electroforesis capilar.
- Describir el empleo de chips microfluídicos como plataformas sensoras.
- Conocer aplicaciones de sensores en plataformas microfluídicas.

Learning Outcomes

- *To know the basic materials applied in the fabrication of optical and electrochemical (bio)sensors.*
- *To know the basic measuring principles applied to the development of optical sensors.*

- To design electrodes modification approaches in order to fabricate electrochemical (bio)sensors.
- To describe the immobilization methods of biological material and chemical indicators applied to the fabrication of optical (bio)sensors.
- To describe biological material immobilization methods on electrodic materials.
- To describe and design optical (bio)sensors.
- To describe and design different electrochemical (bio)sensors, either enzymatic, or immunosensors or DNA sensors.
- To describe the fundamentals of mass sensors.
- To know the components of the quartz crystal microbalance.
- To explain the operation of the quartz crystal microbalance.
- To know current applications of optical, electrochemical and mass (bio)sensors.
- To know the importance of using microchips in capillary electrophoresis with electrochemical detection.
- To describe microchips handling in capillary electrophoresis.
- To describe the use of microfluidic chips as sensor platforms.
- To know sensor applications in microfluidic platforms.

Evaluación del aprendizaje

El rendimiento académico del estudiante se evaluará atendiendo a:

- Un examen final (35 %)
- La presentación oral y discusión de un trabajo relacionado con los temas de la asignatura (30 %)
- Trabajo personal en prácticas de laboratorio (25 %)
- Participación en tutorías y asistencia a conferencias (10 %)

Para poder ser evaluado es obligatoria la asistencia, al menos, al 70 % de las actividades presenciales, así como, alcanzar al menos un 40 % en la calificación de cada una de las siguientes actividades: examen, trabajo y prácticas de laboratorio.

Idioma o idiomas en que se imparte

Español

Bibliografía y recursos complementarios

- J. Janata, *Principles of Chemical Sensors*, Springer, **2009**
- B.R. Eggins, *Chemical Sensors and Biosensors*, John Wiley, **2002**.
- S. Alegret, A. Merkoci, *Electrochemical Sensor Analysis*, Elsevier (Wilson & Wilson's Comprehensive Analytical Chemistry (D. Barceló), Vol. 49, **2007**.
- P. N. Bartlett., *Bioelectrochemistry: Fundamentals, Experimental Techniques and Applications*, John Wiley & Sons, Ltd, **2008**.
- F. Ligler (ed), *Optical Biosensors: Today and Tomorrow*, Elsevier Science, **2008**
- R. B. Thompson, *Fluorescence Sensors and Biosensors*, CRC Press, **2005**.
- J. Homola, *Surface Plasmon Resonance Based Sensors* (Springer Series on Chemical Sensors and Biosensors), Springer, **2006**.

ESCENARIO 2. SEMIPRESENCIAL

Metodología

- **Clases de teoría y seminarios** impartidos por el profesor en el régimen habitual, como en el Escenario 1, y con el mismo contenido. Atendiendo al principio de *máxima presencialidad* aprobado por el Rectorado de la UCM, la sesión será seguida presencialmente por los alumnos en el aula, hasta aforo completo considerando distancia social. Los alumnos ubicados en aulas provistas de cámaras, y que no quepan en el aula, seguirán la sesión virtualmente, bien desde su domicilio o en las zonas de uso público habilitadas por la Facultad para este fin, que estarán debidamente publicitadas en el CV. Para las aulas que no tienen cámara, se establecerá un turno rotatorio de alumnos presenciales en el aula, atendiendo a la numeración del DNI. Este procedimiento podrá ser modificado por el profesor a lo largo del curso, según considere oportuno, para ir ajustando el aforo del aula con los estudiantes asistentes a su clase.
 - El material docente utilizado será las presentaciones de clase habilitadas en el Campus Virtual UCM empleadas también en el Escenario 1, así como vídeos relacionados con la materia y otros tipos de materiales que los profesores de la asignatura consideran de relevancia e interés. Todo el material estará con antelación a disposición de los estudiantes a través del Campus Virtual para su utilización.
 - Los medios telemáticos utilizados para que los alumnos sin presencialidad en el aula sigan virtualmente las sesiones serán las plataformas: Microsoft Teams disponible en el CV, Google Meet, o Zoom. El profesor mantendrá abierta una sesión de este tipo para mantener una relación directa y fluida con los estudiantes que asisten virtualmente, pudiendo así proyectarse simultáneamente la presentación Power Point y seguir las tradicionales explicaciones que se den en la pizarra.
- **Prácticas de laboratorio** previstas con una presencialidad general mínima del 60% para poder cumplir con la distancia social necesaria. Atendiendo a las particularidades de cada práctica, si es posible en algún caso la presencialidad podrá verse modificada ligeramente. La organización docente experimental se sustenta en los siguientes aspectos:
 - Se tiene previsto la resolución de un test antes del inicio de cada sesión.
 - La impartición de cada sesión prácticas se estructura en tres partes: introducción teórico-práctica, procedimiento experimental y tratamiento de resultados.
 - El procedimiento experimental se desarrollará de forma presencial. En los casos en los que esto no pueda ser viable se prevé la utilización de material grabado o de vídeos comerciales.
 - Las otras dos partes serán impartidas atendiendo a alguno de estas situaciones, o combinaciones entre ellas:
 - (a) Presenciales en un aula, manteniendo así mayor distancia social.
 - (b) Virtuales en sesiones síncronas
 - (c) Virtuales en sesiones asíncronas.
 - El material docente empleado será el mismo que el utilizado en el Escenario 1, además de material escrito en forma de manuales, resultados

numéricos y gráficos y/o presentaciones en PowerPoint acompañadas de explicaciones.

- Todo el material estará a disposición de los alumnos con antelación a través del Campus Virtual.
- Eventualmente, se tendrá en cuenta las indicaciones del departamento de Química Analítica si las circunstancias así lo determinan.

- **Tutorías Individuales**

Se realizarán por vídeo conferencia y/o correo electrónico.

- **Seguimiento del alumnado**

En la parte de docencia que se realiza de forma presencial se seguirán las mismas técnicas empleadas de forma tradicional.

En la parte de docencia virtual el seguimiento se realizará por diversas técnicas, según considere el profesor: mediante la herramienta de registro de actividades de cada sesión (Microsoft Teams), el nombre de los asistentes (Google Meet), hoja de firmas habilitada en el CV a modo de cuestionario, análisis de descargas efectuadas por los alumnos en el CV, etc.

Evaluación del aprendizaje

Se realizarán exámenes presenciales y la evaluación descrita en el procedimiento del Escenario 1.

ESCENARIO 3. TOTALMENTE VIRTUAL

Metodología

- **Clases de teoría y seminario** que serán impartidas de forma combinada en sesiones: (a) síncronas, en el horario oficial establecido y (b) asíncronas.
 - El material docente utilizado será las presentaciones de clase habilitadas en el Campus Virtual UCM empleadas también en los Escenarios 1 y 2, presentaciones PowerPoint acompañadas de grabaciones de voz donde se incluyen las explicaciones necesarias como si fuese una clase presencial, así como vídeos relacionados con la materia y otros tipos de materiales que los profesores de la asignatura consideran de relevancia e interés. Como en los Escenarios anteriores, todo el material estará con antelación a disposición de los estudiantes a través del Campus Virtual para su utilización.
 - Los medios telemáticos utilizados serán las plataformas ya mencionadas en el Escenario 2: Microsoft Teams disponible en el CV, Google Meet, Microsoft Teams o Zoom.
- **Prácticas de laboratorio** que se desarrollarán como en el Escenario 2, pero el procedimiento experimental presencial será reemplazado por distintas posibles alternativas: material escrito a modo de tutorial donde se describa detalladamente el procedimiento, grabaciones previas de los experimentos y vídeos de experiencias

similares que garanticen la adquisición de las habilidades y competencias que se pretende.

- **Las tutorías individuales** se realizarán como en el Escenario 2.
- **Seguimiento del alumnado**
Se realizará igual que lo descrito en el Escenario 2 para la docencia virtual.

Evaluación del aprendizaje

DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN

- **Identificación de estudiantes:**

En los minutos anteriores al inicio del examen, los alumnos deberán entregar un documento de compromiso escrito a mano y digitalizado en formato PDF, aceptando las normas para la realización de la prueba. El texto del documento, elaborado por el Departamento, estará disponible en el espacio de la asignatura del Campus Virtual. En dicho documento se deberá hacer constar: nombre y apellidos, firma, lugar y copia del DNI. La identificación de los alumnos que realicen el examen se llevará a cabo a través de: (i) entrada al Campus Virtual para poder visualizar los enunciados del examen, (ii) imagen de vídeo a través de Google Meet o Microsoft Teams (desde la cámara del ordenador o del móvil), (iii) documento de compromiso, y (iv) posible comprobación telemática a lo largo del examen por parte del profesor.

- **Tipo de examen:**

La evaluación descrita en el procedimiento del Escenario 1. Se destacan las siguientes modificaciones:

La presentación oral y discusión de un trabajo relacionado con los temas de la asignatura (30 %) se realizará en línea con alguna de las plataformas audiovisuales anteriormente descritas.

El examen escrito se realizará de modo no presencial utilizando el campus virtual mediante las herramientas de “Cuestionarios” y/o “Tareas”.

- **Seguimiento de estudiantes durante la prueba:**

Durante la realización de la prueba, los alumnos deberán tener conectada una cámara (del ordenador o del móvil) que haga posible la comprobación por parte del profesor del cumplimiento del compromiso firmado por el alumno para realizar el examen de forma individual y con los medios indicados.

- **Revisión de exámenes:**

Los estudiantes que deseen revisión se pondrán en contacto con los profesores de su grupo mediante correo electrónico y se establecerá el horario de revisión individual mediante Microsoft Teams/Google Meet. El estudiante conservará copia de los ficheros PDF enviados como respuesta del examen para facilitar la revisión. Por otra parte, el profesor podrá requerir del alumno la revisión y discusión interactiva de su examen dentro del plazo que se establezca para la revisión de los mismos que se notificará en el CV.

- **Mecanismo empleado para la documentación/grabación de las pruebas de evaluación para su posterior visualización y evidencia:**

El profesor conservará los ficheros (en el formato electrónico que se especifique) del ejercicio de examen enviados por el estudiante, con las calificaciones parciales que estime oportunas. Además, si se estima oportuno, se podrá proceder a la grabación de la sesión del examen, con las limitaciones establecidas por la UCM, para posterior revisión si fuera necesario. Dicha grabación, de efectuarse, se almacenará con las medidas de seguridad necesarias en equipos de UCM y será eliminada pasado el tiempo de revisión.