

# **Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado**

## **Máster Universitario en Química**

**GUÍA DOCENTE DE LA ASIGNATURA :**

**Laboratorio avanzado en electroquímica  
(2022 - 2023)**

## 1. Datos descriptivos de la asignatura

Asignatura: Laboratorio avanzado en electroquímica	Código: 835931915
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Centro: <b>Escuela de Doctorado y Estudios de Postgrado</b></li> <li>- Lugar de impartición: <b>Facultad de Ciencias. Sección de Química</b></li> <li>- Titulación: <b>Máster Universitario en Química</b></li> <li>- Plan de Estudios: <b>2018 (Publicado en 2014-04-29)</b></li> <li>- Rama de conocimiento: <b>Ciencias</b></li> <li>- Itinerario / Intensificación:</li> <li>- Departamento/s: <b>Química</b></li> <li>- Área/s de conocimiento: <b>Química Física</b></li> <li>- Curso: <b>1</b></li> <li>- Carácter: <b>Optativa</b></li> <li>- Duración: <b>Segundo cuatrimestre</b></li> <li>- Créditos ECTS: <b>3,0</b></li> <li>- Modalidad de impartición: <b>Presencial</b></li> <li>- Horario: <b>Enlace al horario</b></li> <li>- Dirección web de la asignatura: <b><a href="http://www.campusvirtual.ull.es">http://www.campusvirtual.ull.es</a></b></li> <li>- Idioma: <b>Castellano e Inglés (0,15 ECTS en Inglés)</b></li> </ul>	

## 2. Requisitos para cursar la asignatura

## 3. Profesorado que imparte la asignatura

Profesor/a Coordinador/a: <b>GONZALO GARCÍA SILVESTRO</b>
- Grupo:
<b>General</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre: <b>GONZALO</b></li> <li>- Apellido: <b>GARCÍA SILVESTRO</b></li> <li>- Departamento: <b>Química</b></li> <li>- Área de conocimiento: <b>Química Física</b></li> </ul>
<b>Contacto</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Teléfono 1: <b>922318032</b></li> <li>- Teléfono 2:</li> <li>- Correo electrónico: <b><a href="mailto:ggarcia@ull.es">ggarcia@ull.es</a></b></li> <li>- Correo alternativo:</li> <li>- Web: <b><a href="http://www.campusvirtual.ull.es/">http://www.campusvirtual.ull.es/</a></b></li> </ul>
Tutorías primer cuatrimestre:

Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
Todo el cuatrimestre		Martes	17:00	20:00	Sección de Química - AN.3F	19
Todo el cuatrimestre		Jueves	17:00	20:00	Sección de Química - AN.3F	19

Observaciones: UD Química Física. El horario de tutorías puede sufrir modificaciones puntuales que serán debidamente comunicadas a través del aula virtual de la asignatura. Por otra parte, el alumnado puede acudir fuera del mismo o concretar tutorías no presenciales que se desarrollarán por videollamada a través de Google Meet o similar. En ambos casos debe acordar por email fecha y hora para la tutoría con el profesor.

**Tutorías segundo cuatrimestre:**

Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
Todo el cuatrimestre		Martes	17:00	20:00	Sección de Química - AN.3F	19
Todo el cuatrimestre		Jueves	17:00	20:00	Sección de Química - AN.3F	19

Observaciones: UD Química Física. El horario de tutorías puede sufrir modificaciones puntuales que serán debidamente comunicadas a través del aula virtual de la asignatura. Por otra parte, el alumnado puede acudir fuera del mismo o concretar tutorías no presenciales que se desarrollarán por videollamada a través de Google Meet o similar. En ambos casos debe acordar por email fecha y hora para la tutoría con el profesor.

**Profesora/a: MARIA DEL CARMEN AREVALO MORALES**

- Grupo:

**General**

- Nombre: **MARIA DEL CARMEN**
- Apellido: **AREVALO MORALES**
- Departamento: **Química**
- Área de conocimiento: **Química Física**

**Contacto**

- Teléfono 1: **922318024**
- Teléfono 2:
- Correo electrónico: **carevalo@ull.es**
- Correo alternativo: **carevalo@ull.edu.es**
- Web: **http://www.campusvirtual.ull.es**

**Tutorías primer cuatrimestre:**

Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
-------	-------	-----	--------------	------------	--------------	----------

Todo el cuatrimestre		Martes	11:00	13:00	Sección de Química - AN.3F	10
Todo el cuatrimestre		Miércoles	11:00	13:00	Sección de Química - AN.3F	10
Todo el cuatrimestre		Jueves	11:00	13:00	Sección de Química - AN.3F	10

Observaciones:

**Tutorías segundo cuatrimestre:**

Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
Todo el cuatrimestre		Martes	11:00	13:00	Sección de Química - AN.3F	10
Todo el cuatrimestre		Miércoles	11:00	13:00	Sección de Química - AN.3F	10
Todo el cuatrimestre		Jueves	11:00	13:00	Sección de Química - AN.3F	10

Observaciones:

#### 4. Contextualización de la asignatura en el plan de estudio

Bloque formativo al que pertenece la asignatura: **Química Medioambiental**  
 Perfil profesional:

#### 5. Competencias

##### General

**CG01** - Tener habilidad en el empleo de las principales fuentes de información y documentación, incluyendo el manejo de bases de datos e internet

##### Básica

**CB09** - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

**CB10** - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que

habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo

#### Específica

**CE11** - Conocer los principios de la Química Física de Superficies y sus aplicaciones

**CE13** - Aplicar los conocimientos de la Electroquímica a la solución de problemas energéticos, medioambientales y la degradación de materiales.

## 6. Contenidos de la asignatura

### Contenidos teóricos y prácticos de la asignatura

Voltamperometría como técnica de caracterización de electrodos ("huella dactilar" del material). Biosensores electroquímicos para la detección de compuesto de interés farmacéutico y medioambiental. Preparación de catalizadores y aplicación en sistemas electroquímicos de conversión y almacenamiento de energía. Mecanismos y cinética electroquímica utilizando el electrodo de disco rotatorio (RDE) y disco-anillo rotatorio (RRDE). Espectroscopías avanzadas para el estudio de sistemas electroquímicos.

Seminario 1.- Electrocatálisis: reacciones más importantes.

Seminario 2.- Componentes de una pila de combustible de electrolito polimérico. Estado del arte.

Seminario 3.- Electrodo de disco rotatorio (RDE) y disco anillo rotatorio (RRDE).

Seminario 4.- Raman espectroelectroquímico.

Práctica 1.- Electrocatálisis: reconocimiento del perfil voltamperométrico de distintos metales

Práctica 2.- Biosensores electroquímicos como dispositivos electroanalíticos para la detección de compuestos de interés farmacéutico y medioambiental: electrodos serigrafados como sensor.

Práctica 3A.- Síntesis de nanopartículas metálicas soportadas en carbono de alta área superficial (**M/C**). Preparación y activación de una membrana intercambiadora de protones (Nafion). Preparación de capas difusoras de gases (**GDLS**).

Práctica 3B.- Preparación de capas catalíticas (**CLs**) con las **M/C** sintetizados en la Practica 3A. Ensamblaje de una **MEA** (*montaje de electrodos y membrana*) con los componentes preparados en las Prácticas 3A y 3B. Ensamblaje de una pila de combustible con la **MEA** preparada y prueba una **PEMFC**. Curvas de polarización y de potencia.

Práctica 4.- Electrodo de disco rotatorio (**RDE**): identificación de un comportamiento reversible y cuasi reversible. Registro de curvas de polarización. Influencia de la velocidad de rotación.

Práctica 5.- Electrodo de disco anillo-rotatorio (**RRDE**): estudios mecanísticos y cinéticos de una reacción de interés empleando la técnica del **RRDE**. Preparación de un electrodo de trabajo a partir de las **M/C** sintetizados en la Practica 3A.

Práctica 6.- Elucidación de sitios activos superficiales sobre distintos catalizadores a través del Raman espectroelectroquímico.

### Actividades a desarrollar en otro idioma

El alumnado dispondrá de artículos y bibliografía en inglés. Parte de los informes que deban entregar deberán realizarlos en inglés.

## 7. Metodología y volumen de trabajo del estudiante

### Descripción

Seminarios: serán actividades monográficas supervisadas con participación compartida (profesores y estudiantes). La finalidad es construir conocimiento a través de la interacción y la actividad de los estudiantes. Se trabajará sobre diferentes aspectos: planteamiento y resolución de casos, resolución de problemas o pruebas de respuesta corta por parte de los alumnos, profundización sobre un tema y puesta en común, exposiciones orales de los alumnos, etc.

Prácticas de laboratorio: consistirán en la realización de una serie de experiencias diseñadas para el aprendizaje de las técnicas electroquímicas y sus aplicaciones, con el seguimiento y apoyo del profesor que revisará de forma continua el desarrollo del trabajo experimental. En las prácticas se abordarán la preparación de muestras, el aprendizaje del funcionamiento de instrumentos, la aplicación de distintas técnicas instrumentales, el análisis de los resultados obtenidos, etc. Una vez finalizada la clase en el laboratorio, los alumnos elaborarán un informe detallado presentando un análisis crítico de los resultados obtenidos y las conclusiones alcanzadas.

Tutorías: se considerarán periodos de instrucción y/o de orientación realizados por el profesor con el objetivo de revisar y discutir los materiales y temas presentados en las sesiones de prácticas, seminarios, lecturas, realización de trabajos, preparación de exposiciones. etc. Se podrán realizar en pequeños grupos o incluso de forma individualizada si las circunstancias así lo aconsejan.

### Actividades formativas en créditos ECTS, su metodología de enseñanza-aprendizaje y su relación con las competencias que debe adquirir el estudiante

Actividades formativas	Horas presenciales	Horas de trabajo autónomo	Total horas	Relación con competencias
Clases prácticas (aula / sala de demostraciones / prácticas laboratorio)	24,00	0,00	24,0	[CE13], [CE11], [CB10], [CB09], [CG01]
Realización de seminarios u otras actividades complementarias	4,00	0,00	4,0	[CE13], [CE11]
Asistencia a tutorías	2,00	0,00	2,0	[CE13], [CE11], [CB10], [CB09], [CG01]
Estudio autónomo	0,00	15,00	15,0	[CE13], [CE11], [CB10], [CB09], [CG01]

Preparación de seminarios, elaboración de memorias y/o informes de las prácticas realizadas, resolución de ejercicios que le haya entregado el profesor, preparación de debates, preparación de exposición oral.	0,00	30,00	30,0	[CE13], [CE11], [CB10], [CB09], [CG01]
Total horas	30,00	45,00	75,00	
Total ECTS			3,00	

## 8. Bibliografía / Recursos

### Bibliografía Básica

Electrochemical Methods. Fundamentals and Applications. Allenn J. Bard and Larry R. Faulkner. Ed. John Wiley & Sons, Inc. Second Edition (2001)

. Handbook of Fuel Cells: Fundamentals, Technology, Applications. Wolf Vielstich, Arnold Lamm, Hubert A. Gasteiger (March 2003) ISBN: 978-0-471-49926-8

Understanding Voltammetry. Richard G. Compton and Craig E. Banks. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd (2009)  
 L.M. Rivera-Gavidia, I. Fernández de la Puente, M.A. Hernández-Rodríguez, V. Celorrio, D. Sebastián, M.J. Lázaro, E. Pastor, G. García, Bi-functional carbon-based catalysts for unitized regenerative fuel cells, Journal of Catalysis 387 (2020) 138–144. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcat.2020.04.007>

Luis Miguel Rivera Gavidia, Gonzalo García, Dalila Anaya, Amaia Querejeta, Francisco Alcaide, Elena Pastor, Carbon-supported Pt-free catalysts with high specificity and activity toward the oxygen reduction reaction in acidic medium, Applied Catalysis B: Environmental 184 (2016) 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2015.11.021>

L.M. Rivera-Gavidia, M. Luis-Sunga, M. Bousa, V. Vales, M. Kalbac, M.C. Arévalo, E. Pastor, G. García, S- and N-doped graphene-based catalysts for the oxygen evolution reaction, Electrochimica Acta 340 (2020) 135975. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2020.135975>

### Bibliografía Complementaria

Electrode Kinetics for Chemists, Chemical Engineers and Material Scientists. Elizier Gileadi. VCH Publishers, Inc.(1993)

### Otros Recursos

## 9. Sistema de evaluación y calificación

### Descripción

La Evaluación de la asignatura se rige por el Reglamento de Evaluación y Calificación (REC) de la Universidad de La Laguna (Boletín Oficial de la Universidad de La Laguna de 23 de junio de 2022), o el que la Universidad tenga vigente, además de por lo establecido en la Memoria de Verificación o Modificación vigente.

### 1.- Evaluación continua

La calificación, tanto de la primera como la segunda convocatoria, se basará en la evaluación continua (EC), donde se considerará la asistencia y la participación en las diferentes actividades de la asignatura (presenciales o virtuales), las tareas marcadas, las exposiciones orales de trabajos, la evaluación a través de cuestionarios on-line de los temas vistos en clase, así como de la comprensión de los procedimientos que se realizarán en el laboratorio, la actitud y el método de trabajo durante las prácticas y los informes de las mismas. Algunas actividades serán realizadas en inglés. Todo el alumnado está sujeto a EC en la primera convocatoria salvo el que se acoja a la evaluación única (EU) en el plazo descrito por el REC (descrita posteriormente). El alumno que no asista a las prácticas de laboratorio o al 100 % del resto de las clases, no podrá superar la asignatura por EC. Las tareas de seminarios, trabajos, ejercicios y exposiciones orales son actividades obligatorias y podrán recuperarse a lo largo del curso o en la fecha indicada en el calendario para la primera y segunda convocatoria de la asignatura. Además, se entenderá agotada la primera convocatoria de la asignatura desde que el alumnado se presente a cualquier combinación de pruebas evaluativas cuya suma de ponderaciones sea igual o superior al 50 % de las actividades de EC. La relación de actividades evaluativas, su ponderación (en paréntesis) y la distribución tentativa en el curso es la siguiente:

- Trabajos, proyectos, informes y ejercicios realizados a propuesta del profesorado (seis prácticas, cada informe será de 5%). Total 30%

- Las exposiciones orales realizadas por el alumno (5%)

- La realización de cuestionarios u otras actividades (participación en foros, wiki,...) en aula virtual (seis cuestionarios y actividades, cada uno será de 3.3%). Total 20%

En el laboratorio se evaluará (45%):

- La asistencia participativa (2,5%)

- La manipulación del material y equipos (10%)

- La organización del trabajo (10%)

- La comprensión y empleo del guión de prácticas (10%)

- La realización de cálculos (10%)

- El trabajo en equipo, etc. (2.5%)

### 2.- Evaluación única

El alumnado que se acoja a la modalidad de EU lo tendrá que comunicar al profesorado responsable de la asignatura, por correo electrónico, en el plazo de un mes desde el inicio del cuatrimestre correspondiente (ver art. 5.4 y 5.5 del REC). La evaluación única se llevará a cabo en las dos convocatorias de la asignatura. Consistirá en una prueba de evaluación escrita de todos los temas desarrollados. Además, para superar la asignatura, serán obligatorias la realización de las prácticas en las fechas establecidas, la entrega de los informes y la realización de prueba final escrita sobre las prácticas. La asignatura se considerará superada cuando la nota final, tanto en EC como en EU, sea de 5/10.

#### Estrategia Evaluativa

Tipo de prueba	Competencias	Criterios	Ponderación
Pruebas objetivas	[CE13], [CE11], [CB10], [CB09], [CG01]	Evaluación de las exposiciones orales realizadas por el alumno	5,00 %

Pruebas de respuesta corta	[CE13], [CE11], [CB10], [CB09], [CG01]	Realización de cuestionarios u otras actividades (participación en foros, wiki,...) en aula virtual	10,00 %
Trabajos y proyectos	[CE13], [CE11], [CB10], [CB09], [CG01]	Evaluación de los trabajos, proyectos y ejercicios realizados a propuesta del profesorado	10,00 %
Informes memorias de prácticas	[CE13], [CE11], [CB10], [CB09], [CG01]	Evaluación de las actividades no presenciales relacionadas con las clases de laboratorio: memorias y/o informes de las prácticas entregados.	30,00 %
Escalas de actitudes	[CE13], [CE11], [CB10], [CB09], [CG01]	Asistencia participativa y trabajo en equipo,	5,00 %
Técnicas de observación	[CE13], [CE11], [CB10], [CB09], [CG01]	Manipulación del material y equipos, organización del trabajo, comprensión y empleo del guión de prácticas, realización de cálculos, etc	40,00 %

## 10. Resultados de Aprendizaje

Al final de esta asignatura se espera que el estudiante sea capaz de entender los fenómenos electroquímicos, sus bases cinéticas y mecánicas, conocer sus aplicaciones, así como manejar con destreza las principales técnicas para su estudio.

## 11. Cronograma / calendario de la asignatura

### Descripción

La asignatura se desarrolla en el segundo cuatrimestre, al tratarse de una materia a llevar a cabo en el laboratorio se harán sesiones de 4 y 4,5 horas de prácticas

Segundo cuatrimestre					
Semana	Temas	Actividades de enseñanza aprendizaje	Horas de trabajo presencial	Horas de trabajo autónomo	Total
Semana 2:			0.00	0.00	0.00
Semana 3:			0.00	0.00	0.00

Semana 4:			0.00	0.00	0.00
Semana 5:			0.00	0.00	0.00
Semana 12:	<b>Seminario 1.-</b> Electrocatálisis: reacciones más importantes. <b>Práctica 1.-</b> Electrocatálisis: reconocimiento del perfil voltamperométrico de distintos metales. Tutoría	Seminario, práctica de laboratorio y tutoría.	4.50	7.50	12.00
Semana 13:	<b>Práctica 2.-</b> Biosensores electroquímicos como dispositivos electroanalíticos para la detección de compuestos de interés farmacéutico y medioambiental: electrodos serigrafiados como sensor. Tutoría	Práctica de laboratorio y tutoría.	4.00	7.00	11.00

Semana 14:	<p><b>Seminario 2.-</b> Componentes de una pila de combustible de electrolito polimérico. Estado del arte.</p> <p><b>Práctica 3A.-</b> Síntesis de nanopartículas metálicas soportadas en carbono de alta área superficial (M/C). Preparación y activación de una membrana intercambiadora de protones (Nafion). Preparación de capas difusoras de gases (GDLs).</p> <p><b>Práctica 3B.-</b> CLs, MEA y PEMFC.</p>	Seminario y práctica de laboratorio.	8.50	14.50	23.00
Semana 15:	<p><b>Seminario 3.-</b> RDE y RRDE.</p> <p><b>Práctica 4.-</b> RDE</p> <p><b>Práctica 5.-</b> RRDE</p> <p>Tutoría (Exposición oral)</p> <p><b>Seminario 4.-</b> Raman espectroelectroquímico.</p> <p><b>Práctica 6.-</b> Elucidación de sitios activos superficiales sobre distintos catalizadores a través del Raman espectroelectroquímico.</p> <p>Tutoría</p>	Seminario, práctica de laboratorio y tutoría.	13.00	16.00	29.00
Total			30.00	45.00	75.00