	PROCESO PARA EL DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx	
	Curso académico: 2025-26	**Código:** P/CL009_FC_D002

PLAN DOCENTE DE LA ASIGNATURA

Identificación y características de la asignatura				
Código	502702		Créditos ECTS	6
Denominación (español)	Señalización Celular			
Denominación (inglés)	Cell Signalling			
Titulaciones	Grado en Biotecnología			
Centro	Facultad de Ciencias			
Semestre	6º y 8º	Carácter	Optativo	
Módulo	Optativo			
Materia	Señalización Celular			
Profesorado				
Nombre	Despacho	Correo-e		Página web
María Pura Hortigón Vinagre*	DBQ4	mahortigonv@unex.es		
Alfonso Ortega Garrido**	DFV4	aortegagarrido@unex.es		
Área de conocimiento	*Bioquímica y Biología Molecular ** Fisiología Vegetal			
Departamento	*Bioquímica y Biología Molecular y Genética ** Biología Vegetal, Ecología y Ciencias De La Tierra			
Profesor/a coordinador/a (si hay más de uno)	María Pura Hortigón Vinagre			

Competencias
Competencias Básicas
CB1: Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.
CB2: Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.
CB3: Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
CB4: Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
CB5: Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.
Competencias Generales
CG1: Aptitud para seguir con aprovechamiento los cursos de posgrado que le faculten de manera específica en terrenos docentes, investigadores o profesionales.
CG2: Capacidad para generar, adquirir y procesar, de manera autónoma, información relacionada con la Biotecnología.
CG3: Capacidad para planificar, ejecutar y criticar procesos de conocimiento en el ámbito de su actividad.

CG4: Capacidad para aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías básicas a sistemas biológicos y sanitarios.
CG5: Capacidad para identificar, formular y resolver problemas dentro de contextos amplios y multidisciplinares, mediante la integración de conocimientos y la participación en equipos multidisciplinares.
CG6: Capacidad para analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas, comprendiendo la responsabilidad ética y profesional en el ámbito de la Biotecnología.
CG7: Capacidad para resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, autonomía y creatividad.
CG8: Capacidad de trasladar el aprendizaje teórico a un contexto práctico.
CG9: Capacidad de auto-evaluación para tomar consciencia de la necesidad de mantener actualizados los conocimientos, habilidades y actitudes mediante un proceso de formación continua.
Competencias Transversales
CT1: Aplicar los conocimientos adquiridos en el título a su desempeño laboral de una forma profesional y rigurosa, así como desenvolverse con seguridad en un laboratorio.
CT2: Utilizar y aplicar tecnología de información y comunicación (TIC) en el ámbito formativo y profesional.
CT3: Poseer y comprender la información de libros de texto avanzados y acceder a conocimientos procedentes de la vanguardia del campo de estudio del título.
CT4: Desarrollar habilidades de aprendizaje, organización y planificación, necesarias tanto para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía, como para el desempeño profesional.
CT5: Interpretar, analizar y sintetizar datos e información relevante que permitan al alumno desarrollar ideas, resolver problemas y emitir un razonamiento crítico sobre temas importantes de índole social, científica o ética.
CT6: Transmitir de forma eficaz resultados y conclusiones a un público tanto especializado como no especializado.
CT7: Expresarse correctamente de forma escrita y oral en la lengua nativa, así como dominar suficientemente un idioma extranjero, preferentemente el inglés.
CT8: Liderar o trabajar en equipo adaptándose positivamente a diferentes contextos y situaciones.
CT9: Respetar los derechos fundamentales y de igualdad entre hombres y mujeres, así como adquirir un compromiso ético de respeto a la vida y al medio ambiente.
Competencias Específicas
CE6: Comprender la estructura de las membranas celulares y su papel en el transporte de moléculas, transducción de energía y transducción de señales.
CE8: Comprender los principales procesos fisiológicos de los organismos pluricelulares, su regulación e integración, así como las bases moleculares de dichos procesos.
Contenidos
Breve descripción del contenido
Bases conceptuales de la señalización celular y de la modulación de las rutas señalizadoras en células animales. Receptores de membrana. Señalización celular mediada por nucleótidos cíclicos, lípidos o calcio. Control de los procesos de proliferación, supervivencia y muerte celular. Patologías asociadas a la señalización celular.

El sistema genético y epigenético de transmisión de información génica y la red intracelular de transmisión de señales ambientales en plantas. Características y tipos de receptores específicos identificados en plantas. Transducción en la célula vegetal: G-proteínas heterotriméricas y monoméricas especiales de plantas. Segundos mensajeros intracelulares en plantas: Fosfolipasas, Adenil-ciclasas y Nucleótidos cíclicos. Otros segundos mensajeros intracelulares. Señal de Ca intracitoplasmático: proteínas sensoras exclusivas de plantas. Proteinoquinasas como vías de transducción y transmisión endocelular de las señales ambientales en plantas. CDPKs exclusivas de plantas. Proteínas 14-3-3: Función en la activación por fosfoforilación de proteínas en plantas. Receptores y cascadas de transducción de las fitohormonas y fotorreceptores (fitocromo, criptocromos y fototropinas).

Temario de la asignatura

PARTE I: SEÑALIZACIÓN EN CÉLULAS ANIMALES

Denominación del tema 1: **Visión global de la Señalización Celular.**
Contenidos del tema 1: Concepto de transducción de señales. Esquema general de los mecanismos de señalización celular. Moléculas señalizadoras y sus receptores. Principales rutas de señalización. Importancia de la señalización celular en fisiología y patología. Influencia en procesos genómicos y no genómicos.
Descripción de las actividades prácticas del tema 1: Los contenidos de este Tema están estrechamente relacionados con las Prácticas 1 y 2, descritas al final de este apartado.

Denominación del tema 2: **Efectores extracelulares en la modulación de las rutas de señalización.**
Contenidos del tema 2: Ligandos extracelulares que activan rutas de señalización celular: factores de crecimiento, hormonas, iones. Localización y activación de ligandos en la matriz extracelular. Procesamiento de ligandos a nivel de la membrana plasmática.
Descripción de las actividades prácticas del tema 2: Los contenidos de este Tema están estrechamente relacionados con la Práctica 1, descrita al final de este apartado.

Denominación del tema 3: **Receptores.**
Contenidos del tema 3: Unión del ligando y proceso de activación. Agonistas y antagonistas. Superfamilia de receptores con siete dominios transmembranales. Receptores de membrana con actividad de canal iónico. Receptores con actividad quinasa intrínseca y acoplados a enzimas con actividad quinasa. Receptores intracelulares y regulación de la transcripción.
Descripción de las actividades prácticas del tema 3: Los contenidos de este Tema están estrechamente relacionados con la Práctica 1, descrita al final de este apartado.

Denominación del tema 4: **Señalización mediada por fosforilación y desfosforilación.**
Contenidos del tema 4: Proteínas quinasas y fosfatasas. Serina-treonina quinasas: señalización por PKA y PKC. Otras serina-treonina quinasas: CaM II, GRK y PKB. Tirosina quinasas y la ruta del EGF. Quinasas activadas por mitógenos MAPK. Fosfatasas. El sistema de degradación mediada por el proteasoma.
Descripción de las actividades prácticas del tema 4: Los contenidos de este Tema están estrechamente relacionados con la Práctica 2, descrita al final de este apartado.

Denominación del tema 5: **Nucleótidos cíclicos como mensajeros intracelulares.**
Contenidos del tema 5: AMP cíclico (cAMP) y GMP cíclico (cGMP) como segundos mensajeros. Síntesis del cAMP por adenilato ciclasa. Fosfodiesterasas de nucleótidos cíclicos. Proteínas G monoméricas. Compartimentalización.
Descripción de las actividades prácticas del tema 5: no procede.

Denominación del tema 6: **Metabolitos lipídicos en la Señalización Celular.**

Contenidos del tema 6: Principales lípidos implicados en la señalización celular. Fosfolipasas: fosfolipasa C. Inositoles fosfato y diacilglicerol. Ruta de la PI3-K. Activación del receptor de insulina. Microdominios de membrana plasmática.
Descripción de las actividades prácticas del tema 6: no procede.

Denominación del tema 7: **Señales intracelulares mediadas por calcio.**
Contenidos del tema 7: El calcio como segundo mensajero. Efectores. Membrana plasmática y depósitos intracelulares. Medidas de la concentración intracelular de calcio.
Descripción de las actividades prácticas del tema 7: no procede.

Denominación del tema 8: **Especies reactivas del oxígeno y del nitrógeno.**
Contenidos del tema 8: Especies reactivas del oxígeno (ROS) y del nitrógeno (RNS). Superóxido, peróxido de hidrógeno y óxido nítrico. Señalización celular mediada por ROS y RNS.
Descripción de las actividades prácticas del tema 8: Los contenidos de este Tema están estrechamente relacionados con la Práctica 1, descrita al final de este apartado..

Denominación del tema 9: **Señalización en fisiología celular.**
Contenidos del tema 9: Adhesión celular. Ciclo celular. Mecanismos generales de muerte celular. Apoptosis y necrosis. Mecanismos de autofagia. Patologías asociadas a alteraciones en señalización celular.
Descripción de las actividades prácticas del tema 9: Los contenidos de este Tema están estrechamente relacionados con las Prácticas 1 y 2, descritas al final de este apartado.

PARTE II: SEÑALIZACIÓN EN CÉLULAS VEGETALES

Denominación del tema 10: **Introducción general: Etapas, terminología, propiedades de la señalización celular en plantas y componentes moleculares de las cascadas de señalización.**
Contenidos del tema 10: Características generales de los sistemas de respuesta a estímulos ambientales en plantas. Tipos de estímulos. Etapas de percepción del estímulo, transducción y transmisión de la señal y respuesta fisiológica. Terminología. Principales propiedades de los sistemas sensoriales de respuesta al ambiente en plantas. Sistema genético y epigenético de transmisión de información génica. Red intracelular de transmisión de señales ambientales: analogías. Esquema general de los componentes moleculares implicados en las cascadas de señalización. Técnicas para identificar elementos clave en una ruta de transducción.
Descripción de las actividades prácticas del tema 10:
Práctica 3: Observación y estudio del fototropismo en coleoptilos de maíz (*Zea mays*, L).
Práctica 4: Comportamiento de líneas de *Arabidopsis thaliana* silvestres y mutantes. Test de marcadores moleculares.

Denominación del tema 11: **Tipos de Receptores en organismos vegetales.**
Contenidos del tema 11: Características de su funcionamiento (afinidad, especificidad, cambios de sensibilidad). Tipos de receptores específicos identificados en plantas: Receptores proteíno quinasas, RLK, receptores heptahélices y sus análogos en plantas, y receptores que son canales iónicos. Otros tipos de receptores: mecanorreceptores, receptores redox y otros menos conocidos en plantas.
Descripción de las actividades prácticas del tema 11: no procede.

Denominación del tema 12: **Primeros eventos de transducción: proteínas G Heterotriméricas en plantas.**
Contenido del tema 12: Características de las G-proteínas. Elementos que regulan la acción de estas proteínas. Efectores de las G-Proteínas heterotriméricas. G-Proteínas heterotriméricas típicas y no convencionales en plantas. Receptores heptahélices típicos y no convencionales en plantas. Funciones de las G-proteínas heterotriméricas en plantas.

Descripción de las actividades prácticas del tema 12: No incluye actividades prácticas.

Denominación del tema 13: **2^{dos} mensajeros intracelulares: Lípidos, Nucleótidos cíclicos y ROS/RNS.**
Contenido del tema 13: Diferencias entre animales y plantas en el empleo de estos segundos mensajeros. Síntesis y tipos. Funciones principales en las rutas de transducción.
Descripción de las actividades prácticas del tema 13: No incluye actividades prácticas.

Denominación del tema 14: **2^{dos} mensajeros intracelulares: Ca^{2+}**
Contenido del tema 14: Importancia del Ca^{2+} en plantas y cómo determinar su implicación en las cascadas de señalización. Componentes de la señal: reservorios intracelulares, canales y bombas de Ca^{2+}. Características de la señal de Ca^{2+}: oscilaciones u ondas y olas de Ca^{2+}. Especificidad de la señal: "rúbrica" o "firma" de Ca^{2+}. Ejemplos de rutas de señalización donde interviene en plantas. Calmodulina y otras proteínas sensores de Ca^{2+} específicas de plantas.
Descripción de las actividades prácticas del tema 14. No incluye actividades prácticas.

Denominación del tema 15: **Otros elementos reguladores en las cascadas de señalización: quinasas, Fosfatasas y proteínas 14:3:3.**
Contenido del tema 15: Definición de quinasas y fosfatasas. Grupos o familias de quinasas en plantas. Cómo actúan las quinasas y fosfatasas y su importancia en la señalización en plantas. Definición de proteínas 14-3-3. Tipos y diferencias de las 14-3-3 entre plantas y animales. Cómo interviene en las cascadas de señalización en plantas las proteínas 14-3-3.
Descripción de las actividades prácticas del tema 15: No incluye actividades prácticas.

Denominación del tema 16: **Cascadas de señalización de las principales fitohormonas.**
Contenidos del tema 16: Cascadas completas de las vías de señalización que provocan las respuestas a las principales fitohormonas: Auxinas (AIA), Citoquinina (CQ), Giberelina (Ga), Etileno (Et), Jasmonatos (JAs), Brasinosteroides (BRs) y Ácido Abscísico (ABA).
Descripción de las actividades prácticas del tema 16: no procede.

PROGRAMA DE SESIONES PRACTICAS EN LABORATORIO

Se desarrollará una práctica continua que implicará el análisis de rutas de señalización consideradas importantes en patologías humanas tales como el cáncer. Esta práctica tendrá una duración de 15 h y se distribuirá en las tareas que se detallan a continuación.

Práctica 1. Ensayo de viabilidad celular.

Práctica 2. Electroforesis de proteínas, transferencia *Western* e inmunodetección.

Práctica 3. Observación y estudio del fototropismo en coleoptilos de maíz (*Zea mays*, L).

Práctica 4. Comportamiento de líneas de *Arabidopsis thaliana* silvestres y mutantes. Test de marcadores moleculares.

Actividades formativas								
Horas de trabajo del alumno/a por tema		Horas Gran grupo	Actividades prácticas				Actividad de seguimiento	No presencial
Tema	Total	GG	CH	L	O	S	TP	EP
Presentación del Plan Docente	1	1						
1	3	1		2				2
2	12	3		1				6
3	13	3		1				6
4	13	3		2				6
5	6	2						4
6	6	2						4
7	6	2						4
8	6	2						4
9	10	2		2				4
10	4	2		7				4
11	9	3						6
12	10	4						6
13	9	3						6
14	9	3						5
15	9	3						5
16	9	3						6
Evaluación	15	3						10
TOTAL	150	45		15			2	88

GG: Grupo Grande (85 estudiantes).
PCH: prácticas clínicas hospitalarias (7 estudiantes)
LAB: prácticas laboratorio o campo (15 estudiantes)
ORD: prácticas sala ordenador o laboratorio de idiomas (20 estudiantes)
SEM: clases problemas o seminarios o casos prácticos (40 estudiantes).
TP: Tutorías Programadas (seguimiento docente, tipo tutorías ECTS).
EP: Estudio personal, trabajos individuales o en grupo, y lectura de bibliografía.

Metodologías docentes

1. Explicación y discusión de los contenidos.
2. Resolución, análisis y discusión de problemas.
3. Actividades experimentales como prácticas en laboratorios, aulas de informática y trabajos de campo.
4. Actividades de seguimiento individual o por grupos del aprendizaje.
5. Trabajo autónomo del alumno.

Resultados de aprendizaje

- Conocer las bases moleculares de la señalización celular.
- Ofrecer una visión global e integrada de los mecanismos implicados en la señalización celular desde una perspectiva molecular.

- Conocer las aproximaciones experimentales más utilizadas en estudios de señalización celular.
- Poner en valor el impacto que tienen las alteraciones moleculares en las rutas de señalización celular en el desarrollo de patologías humanas.
- Conocer la terminología básica utilizada en la Señalización Vegetal.
- Conocer y comprender los procesos de funcionamiento de las vías de señalización específicas de las plantas.
- Integrar los procesos de percepción, transducción y respuestas a señales en plantas.
- Relacionar señalización y desarrollo en plantas.

Sistemas de evaluación

Atendiendo a la normativa de evaluación de los resultados de aprendizaje y de las competencias adquiridas por el alumnado en las titulaciones oficiales de la UEx (Resolución Rectoral de 26/10/2020 publicada en DOE nº 212 de 03/11/2020) los alumnos podrán escoger entre los dos sistemas de evaluación a realizar:

Evaluación continua

- Prueba escrita que constará de 50-80 preguntas de tipo test sobre todos los temas (verdadero/falso o con una o varias opciones de respuestas correctas) para valorar la comprensión de todos los conceptos explicados (70 % de la calificación final) y 1-2 preguntas de desarrollo corto (20 % de la calificación final). El examen computará el 90 % de la calificación final.
- Se realizarán dos exámenes parciales al terminar la docencia de cada una de las partes (PARTE I y PARTE II), las cuales puede ser eliminadas si se obtiene como mínimo una calificación de 4.5 sobre 9. Los alumnos que eliminen cualquiera de las partes o ambas, si deciden conservar la/s calificación/es de el/los parcial/es, en el examen final únicamente contestarán las preguntas correspondientes a la que no hayan eliminado. La calificación obtenida en cada parcial contribuirá en un 45 % a la calificación final, para aquellos alumnos que superen la prueba.
- Las prácticas suponen el 10 % de la calificación final. Esta calificación se dividide en un 50% en la presentación de un trabajo de investigación tipo póster donde se expondrán los resultados obtenidos en las prácticas de la parte de señalización en animal; mientras que el otro 50%, de la parte vegetal, será evaluada mediante una prueba test en el examen de la convocatoria de junio, donde las respuestas erróneas no restarán. Esta actividad será recuperable para aquellos alumnos que no puedan asistir a prácticas o que no superen el trabajo de prácticas. La recuperación se realizará el día del examen final mediante la realización de una prueba escrita que pueda probar la adquisición de los conceptos impartidos en las prácticas.

- Actividades de evaluación continua (10 % adicional sobre la calificación final): En este apartado se puede tener en cuenta la participación en seminarios de investigación que puede incluir preparación y exposición pública de los mismos, así como evaluaciones periódicas que se llevarán a cabo sin previo aviso. Esta actividad al ser de carácter voluntario no será recuperable.

Es necesario que el alumno supere el 50 % de la prueba escrita (70 % + 20 %) para que se pueda sumar la práctica.
En el caso del 10 % adicional aportado por los seminarios y evaluaciones periódicas solamente se sumará en aquello alumnos que superen el 50 % de la calificación final y no puede sumarse en aquellos alumnos que obtengan el 100 % de la misma.

Evaluación global
Los alumnos que quieran acogerse a esta modalidad deberán comunicarlo al profesor coordinador de la asignatura (mediante un mensaje de correo electrónico) durante el primer cuarto del periodo de impartición de las mismas o hasta el último día del periodo de ampliación de matrícula si este acaba después de ese periodo (Resolución de 26 de octubre de 2020, del Rector de la Universidad de Extremadura, publicada en el D.O.E. nº 212 de 3/11/2020, capítulo II, artículo 4.5). Constará de un examen final que se realizará en las convocatorias oficiales del curso.

En esta modalidad de evaluación global la calificación del examen (teoría + prácticas) será la calificación final.

Bibliografía (básica y complementaria)

- FINKEL T., GUTKIND, S. “Signal Transduction and human disease”. Wiley, 2009.
- GOMPERTS B., KRAMNER I.M. TATHAM P.E.R. “Signal transduction”. Academic Press, 2nd edition, 2009.
- NELSON, J. “Structure and function in cell signaling”. Wiley & Sons, 2008.
- HANCOCK, J.T. “Cell signaling”. Oxford University Press, 3rd edition, 2010.
- MARKS, F., KLINGMULLER, U., MULLER-DECKER, K. “Cellular signaling processing: An Introduction to the Molecular Mechanisms of Signal Transduction”. Garland Science, 2009.
- KRAUSS, G. “Biochemistry of Signal Transduction and Regulation”. Wiley, 3rd edition, 2003.
- ALBERTS B., BRAY D., LEWIS J., RAFF M., ROBERTS K., WATSON J.D. "Biología Molecular de la célula". OMEGA, 4ª edición, 2004.
- LODISH H., BERK A., MATSUDAIRA P., KAISER C.A., KRIEGER M., SCOTT M.P., ZIPURSKY L., DARNELL J. "Molecular Cell Biology"/"Biología Celular y Molecular". Médica Panamericana, 5ª edición, 2005. SOPORTE INFORMATICO EN CD.
- DARNELL J. "Molecular Cell Biology"/"Biología Celular y Molecular". Médica Panamericana, 5ª edición, 2005. SOPORTE INFORMÁTICO EN CD.
- STRYER L., BERG J.M., TYMOCZKO J.L. "Bioquímica". Reverté, 6ª ed. en español, 2008.
- BAUDOUIN,E and HANCOCK (2014) Nitric oxide signaling in plants. Frontiers in Plant Science. vol.4, art.553.
- BUCHANAN, BB; GRUISSEM, W and JONES RL (Eds.) (2015). Biochemistry and Molecular Biology of Plants. Amerian Society of Plant Physiology, Second Edition, Rockville, Maryland, USA.
- CHOI, WG; HILLEARY, R; SWANSON, SJ; KIM, SH and GILROY, S. (2016) Rapid, long-distance electrical and calcium signaling in plants. Ann. Rev. Plant Biol., nº 67:28.1-28.21.
- HESLOP-HARRISON, Y (1998). Plantas carnívoras. En "Los Recursos de las Plantas", Investigación y Ciencia (Ed. Prensa Científica), Colección Temas, no 14: 10-19.
- SCOTT, JD and PAWSON T (2000). Comunicación intracelular. Investigación y Ciencia no 287: 14-21.

- TAIZ, L and ZEIGER, E (2016) Plant Physiology. (7ª Edición, en inglés). Sinauer Associates. Inc., Publisher. Sunderland, Massachusetts. USA.
- VARIOS AUTORES (2000). Arabidopsis genome: a milestone in plant biology. Plant Physiology (Special issue), vol 124 (4).
- VARIOS AUTORES (2002). The Plant Cell, Special Issue: Signaling in Plants. vol 14 Supplement 2002.
- VARIOS AUTORES (2010,2011,2012,2014 y2016) en Trends in Plants Phisiology (TIP)
- ZHENBIAO Y (2008) ed. Intracellular signaling in plants. Ann. Plant Rev. vol. 33,WileyBlackwell,UK.

Otros recursos y materiales docentes complementarios

RECURSOS ON-LINE

http://www.sebbm.bq.ub.es/ens/
http://www.whfreeman.com/stryer
http://www.bcbp.gu.se/orjan/bmstruct/
http://biomodel.uah.es
http://www.sumanasinc.com/
http://highered.mcgraw-hill.com/sites/9834092339/sitemap.html
http://www.biostudio.com/a_sitemap.htm
http://vcell.ndsu.edu/animations/
http://www.johnkyrk.com/

EQUIPAMIENTO DE LABORATORIO

- Equipamiento para electroforesis y *Western immunoblotting*.
- Equipos de espectroscopía UV-VIS.
- Equipamiento para preparación y mantenimiento de cultivos celulares.
- Centrifuga, agitadores, baños termostáticos.