

Guía docente de la asignatura

Fecha de aprobación por la Comisión  
Académica: 14/07/2023**Respuestas de la Planta al Estrés  
Abiótico (M48/56/2/13)****Máster**

Máster Universitario en Avances en Biología Agraria y Acuicultura

**MÓDULO**

Módulo de Producción Agraria

**RAMA**

Ciencias

**CENTRO RESPONSABLE  
DEL TÍTULO**

Escuela Internacional de Posgrado

**Semestre**

Primero

**Créditos**

6

**Tipo**

Optativa

**Tipo de  
enseñanza**

Presencial

**BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Máster)**

En esta materia se abordará desde un punto de vista multidisciplinar, mediante técnicas de bioquímica, biología celular y molecular, el estudio de los mecanismos implicados en la respuesta e inducción de tolerancia de la planta a distintos tipos de estrés abiótico. En particular, se analizará la función de las especies de oxígeno y nitrógeno reactivo (ROS y RNS) como generadores de estrés oxidativo ó como moléculas señal en la regulación de la expresión génica y de actividades enzimáticas en respuesta al estrés. Además, se estudiará la fisiología molecular del estrés abiótico en plantas, haciendo especial hincapié en el papel de las membranas vegetales en la respuesta al estrés abiótico. Se estudiará la función de los transportadores iónicos de las células vegetales y de sus proteínas reguladoras, así como su relevancia en la tolerancia a ciertos tipos de estrés.

**COMPETENCIAS****COMPETENCIAS BÁSICAS**

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más



amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - 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.

### COMPETENCIAS GENERALES

- CG01 - Que los estudiantes sean capaces de elaborar adecuadamente y con cierta originalidad composiciones escritas o argumentos motivados, de redactar planes, proyectos de trabajo o artículos científicos o de formular hipótesis razonables.
- CG02 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo autodirigido o autónomo

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Que los estudiantes sean capaces de abordar problemas de forma científica, desde una perspectiva multidisciplinar, formulando hipótesis y objetivos pertinentes para su resolución, así como extraer conclusiones fundadas que sean de aplicación en el ámbito de la Agricultura, la Ganadería y la Acuicultura
- CE02 - Que los estudiantes sepan aplicar las técnicas de investigación, tanto metodológicas como tecnológicas, en el área de estudio y redactar correctamente un trabajo científico
- CE06 - Que los estudiantes sean capaces de aplicar los conocimientos adquiridos al diseño, ejecución y defensa de un proyecto de investigación dentro de alguna de las líneas ofertadas en el Máster

### COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Que el estudiante sea consciente de la importancia del desarrollo sostenible y demostrar sensibilidad medioambiental
- CT02 - Que el estudiante comprenda y aplique el liderazgo y posea creatividad, rigor intelectual, independencia e iniciativa personal y profesional para proponer y emprender proyectos.
- CT03 - Que el estudiante demuestre que sabe reflexionar a partir de la integración de aprendizaje en diferentes áreas para saber abordar situaciones complejas de manera global

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

El alumno sabrá/comprenderá/será capaz de:

- RA1. Los fundamentos básicos de la formación, mecanismo de acción y sistemas de defensa de las especies de oxígeno y nitrógeno reactivo (reactive oxygen species/reactive



nitrogen species, ROS y RNS).

- RA2. Identificar las fuentes de las especies de oxígeno y nitrógeno reactivo y su función tanto en condiciones fisiológicas como de estrés, así como identificar los sistemas antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos encargados de regularlos.
- RA3. Percibir la implicación de las especies reactivas de oxígeno y nitrógeno en procesos fisiológicos complejos como son la respuesta de las plantas frente a condiciones adversas, el desarrollo, la maduración de los frutos, y la senescencia a través de diferentes abordajes teóricos-técnicos actuales.
- RA4. La importancia del control de la homeostasis iónica en la tolerancia a condiciones ambientales adversas.
- RA5. Desarrollar un análisis crítico de la información científica, a través de la discusión de publicaciones relacionadas con la temática de la materia, así como del estudio y discusión de los resultados obtenidos en las clases prácticas.
- RA6. Aplicar estrategias de mejora de la tolerancia a estreses abióticos en plantas transgénicas con genes responsables de la homeostasis iónica mediante las metodologías de aislamiento y purificación de membranas vegetales, aislando transportadores iónicos y sus proteínas reguladoras en la tolerancia a estrés abiótico, particularmente salinidad.

## PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

### TEÓRICO

1. Bioquímica y fisiología molecular del estrés abiótico en plantas.
2. Química de la molécula de oxígeno: formas excitadas y formas reducidas.
3. Toxicidad del oxígeno.
4. Sistemas biológicos de protección: antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos.
5. Producción de especies de oxígeno reactivo en orgánulos celulares: cloroplastos, mitocondrias, peroxisomas, retículo endoplasmático y núcleo.
6. Funciones útiles de los radicales libres de oxígeno en el metabolismo celular.
7. Producción de radicales de oxígeno en situaciones de estrés.
8. Óxido nítrico (NO) en plantas: respuesta a estrés
9. Bases moleculares del transporte iónico en plantas
10. Papel de las membranas plasmática y vacuolar en la tolerancia a estreses abióticos: salinidad
11. Mejora de la tolerancia de las plantas a estreses abióticos: La transformación genética como herramienta para obtener plantas tolerantes a estrés. Algunos ejemplos ilustrativos.
12. Aproximaciones metodológicas aplicadas al estudio del estrés abiótico:
  - Aislamiento de fracciones celulares: orgánulos, membrana plasmática y tonoplasto.
  - Detección, identificación y caracterización de parámetros relacionados con el estrés abiótico: estrés oxidativo y nitrosativo, salinidad, transportadores de membrana, etc.

### PRÁCTICO

#### SEMINARIOS/TALLERES

- ROS, RNS y antioxidantes en Agricultura
- Exposición y Discusión por Parte de los Alumnos de Publicaciones Científicas Relacionadas con el Curso



**PRÁCTICAS DE LABORATORIO:**

Práctica 1. Purificación de membrana plasmática a partir de microsomas aislados

Teórico/Práctica 2. Actividad de transporte iónico en membranas nativas o reconstituidas mediante técnicas fluorimétricas

Práctica 3. Metabolismo oxidativo, sistemas antioxidantes

**BIBLIOGRAFÍA****BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL**

-Mourad Baghour, Francisco Javier Gálvez, María Elena Sánchez, María Nieves Aranda, Kees Venema y María Pilar Rodríguez-Rosales. 2019. Overexpression of LeNHX2 and SISOS2 increases salt tolerance and fruit production in double transgenic tomato plants. *Plant Physiology and Biochemistry* 13: 77-86.

-Olivier Cagnac, Mourad Baghour, Noelia Jaime-Pérez, María Nieves Aranda María Elena Sánchez-Romero, María Pilar Rodríguez-Rosales y Kees Venema. 2020. Deletion of the N-terminal domain of the yeast vacuolar (Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>)/H<sup>+</sup> antiporter Vnx1p improves salt tolerance in yeast and transgenic Arabidopsis. *Yeast* 37: 173-185

-Mostapha Maach, Mourad Baghour, Mustapha Akodad, Francisco Javier Gálvez, María Elena Sánchez, María Nieves Aranda, Kees Venema y María Pilar Rodríguez-Rosales. 2020. Overexpression of LeNHX4 improved yield, fruit quality and salt tolerance in tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.) *Molecular Biology Reports* 47: 4145-4153

-María Nieves Aranda, María Elena Sánchez Romero, María Pilar Rodríguez-Rosales y Kees Venema. 2021. Plastidial transporters KEA1 and KEA2 at the inner envelope membrane adjust stromal pH in the dark. *New Phytologist* 229: 2080-2090

-Antonio Sánchez-McSweeney, Salvador González-Gordo, María Nieves Aranda-Sicilia, María Pilar Rodríguez-Rosales, Kees Venema, José M. Palma y Francisco J. Corpas. 2021. Loss of function of the chloroplast membrane K<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> antiporters AtKEA1 and AtKEA2 alters the ROS and NO metabolism but promotes drought stress resilience. *Plant Physiology and Biochemistry* 160: 106-119

- Aranda-Sicilia MN, Aboukila A, Armbruster U, Cagnac O, Schumann T, Kunz HH, Jahns P, Rodríguez-Rosales MP, Sze H, Venema K. 2016. Envelope K<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> antiporters AtKEA1 and AtKEA2 function in plastid development. *Plant Physiology* 172: 441-449.

- Cadenas E, Packer L. 2008. Nitric Oxide, Part F. *Methods in Enzymology* (V 440): Nitric Oxide, Part D: Oxide Academic Press, New York, USA pp. 466. ISBN: 0123739675.

- Gálvez FJ, Baghour M, Hao G, Cagnac O, Rodríguez-Rosales MP, Venema K. 2012. Expression of LeNHX isoforms in response to salt stress in salt sensitive and salt

tolerant tomato species. *Plant Physiology and Biochemistry* 51: 109-115.



- Geisler M, Venema K. 2011. Transporters and pumps in plant signaling (Geisler M, Venema K eds.). Springer, Series: Signaling and Communication in Plants volume 7. ISBN:978-3-642-14368-7.
- Asins, M.J.; Romero-Aranda, M.R.; Espinosa, J.; González-Fernández, P.; Jaime-Fernández, E.; Traverso, J.A.; Carbonell, E.A.; Belver, A. (2022). HKT1;1 and HKT1;2 Na<sup>+</sup> Transporters from *Solanum galapagense* Play Different Roles in the Plant Na<sup>+</sup> Distribution under Salinity. *Int. J. Mol. Sci.*, 23, 5130.
- Romero-Aranda, M. R., Espinosa, J., González-Fernández, P., Jaime-Fernández, E., Traverso, J. Á., Asins, M. J., & Belver, A. (2021). Role of Na<sup>+</sup> transporters HKT1;1 and HKT1;2 in tomato salt tolerance. I. Function loss of *cheesmaniae* alleles in roots and aerial parts. *Plant Physiol Biochem* 168, 282-297.
- Romero-Aranda M.R., González Fernández P., Pérez-Tienda J.R., López-Díaz, M. R., Espinosa, J., Granum, E. Traverso, J. A, Pineda, B., García-Sogo, B., Moreno, V., Asins, M. J., Belver A. (2020) Na<sup>+</sup> transporter HKT1;2 reduces flower Na<sup>+</sup> content and considerably mitigates the decline in tomato fruit yields under saline conditions. *Plant Physiol Biochem* 154, 341-352
- Gupta DK, Palma JM, Corpas FJ. 2019. Nitric Oxide and Hydrogen Peroxide Signaling in Higher Plants. Springer, Cham, Suíza, ISBN 978-3-030-11128-1.
- Halliwell B, Gutteridge JMC. 2015. Free Radicals in Biology and Medicine. Oxford University Press, (3<sup>a</sup> ed) UK, pp, 888. ISBN 0-19-850044-0.
- Jaime-Pérez N, Pineda B, García-Sogo B, Atares A, Athman A, Byrt CS, Olías R, Asins MJ, Gilliam M, Moreno V, Belver A. (2017) The sodium transporter encoded by the HKT1;2 gene modulates sodium/potassium homeostasis in tomato shoots under salinity. *Plant Cell and Environment* 40: 658-671.
- del Río LA, Puppo A, (eds). 2009. Reactive Oxygen Species in Plant Signaling. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp, 255. ISBN 978-3-642-00389-9.
- Rodríguez-Rosales MP, Gálvez FJ, Huertas R, Aranda MN, Baghour M, Cagnac O, Venema K. 2009. Plant NHX Cation/Proton Antiporters. *Plant Signaling Behaviour* 4: 1-13.
- Romero-Puertas, M.C., Terrón-Camero, L.C., Peláez-Vico, M.A., Olmedilla, A., Sandalio, L.M., 2019. Reactive oxygen and nitrogen species as key indicators of plant responses to Cd stress. *Environmental Exp. Bot.* 161, 107-119.
- Sandalio LM, Romero-Puertas MC. 2015. Peroxisomes sense and respond to environmental cues by regulating ROS and RNS signalling networks. *Annals of Botany* 116: 475-485.
- Sandalio LM, Peláez-Vico MA, E Molina-Moya, MC Romero-Puertas (2021) Peroxisomes as Redox-Signaling Nodes in Intracellular Communication and Stress Responses. *Plant Physiology*, 186: 22-35 doi: 10.1093/plphys/kiab060

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA



## ENLACES RECOMENDADOS

- Grupos de Investigación en Estrés Abiótico, Antioxidantes y Señalización de la Estación Experimental del Zaidín

- <https://www.eez.csic.es/es/antioxidantes-radicales-libres-y-oxido-nitrico-en-biotecnologia-y-agroalimentacion>.
- <https://www.eez.csic.es/es/homeostasis-ionica-y-transportadores-de-membrana>
- <https://www.eez.csic.es/es/senalizacion-por-especies-de-oxigeno-y-nitrogeno-reactivo-en-situaciones-de-estres-en-plantas>

- Sociedad Española de Fisiología Vegetal: <http://www.sefv.net/>

- Federación Europea de Sociedades de Fisiología Vegetal: <http://www.fespb.org/fespb/?%94x8ufb919k4i4yzoy%92yfmyc%92yas8bn>

## METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Lección magistral/expositiva
- MD02 Sesiones de discusión y debate
- MD03 Resolución de problemas y estudio de casos prácticos y Prácticas de laboratorio
- MD04 Seminarios
- MD05 Análisis de fuentes y documentos
- MD06 Realización de trabajos individuales o en grupo

## EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

### EVALUACIÓN ORDINARIA

a) Asistencia obligatoria al 80%, como mínimo, de las horas de clases presenciales.

Calificación de este apartado: hasta 4 puntos sobre 10. La no asistencia al mínimo obligatorio supone suspenso.

b) Trabajo complementario y exposición ante sus compañeros y los profesores. Este apartado se valorará hasta 3 puntos sobre 10.

c) Examen final: hasta 3 puntos sobre 10.

En cualquier caso, se valorará que el alumno haya adquirido los conocimientos básicos de este curso y que adquiriera una capacidad de razonamiento, análisis y síntesis. Como norma general se establece que los alumnos han de superar con un mínimo de aprobado los tres apartados de evaluación indicados anteriormente.

### EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

Para aprobar la asignatura es imprescindible aprobar el examen de contenidos teóricos (obteniendo como mínimo una puntuación de 5 sobre 10); y el examen de prácticas (obteniendo



como mínimo una puntuación de 5 sobre 10).

La nota final de la asignatura se obtendrá de la nota de teoría, que supondrá hasta el 80% de la nota final, y de la nota de prácticas que supondrá hasta el 20% de la nota final.

### EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

De acuerdo con el artículo 8 de la de la normativa de evaluación y calificación: “Para acogerse a la evaluación única final, el estudiante, en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura, lo solicitará al director del Departamento, quien dará traslado al profesorado correspondiente, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua”. La solicitud se puede presentar electrónicamente en el siguiente enlace: <https://sede.ugr.es/sede/catalogo-de-procedimientos/solicitud-evaluacion-unica-final.html>

La evaluación única final constará de un examen escrito de los contenidos del programa teórico de la asignatura, y un examen de los contenidos del programa de prácticas, que podrá incluir preguntas de desarrollo o de opción múltiple, problemas numéricos, así como la realización experimental de alguna práctica de laboratorio.

La evaluación en este caso se realizará a través de un examen escrito acerca de los contenidos de la asignatura, tanto teóricos como prácticos. Para aprobar la asignatura será imprescindible obtener un mínimo de 5 puntos sobre 10

La nota final de la asignatura se obtendrá de la nota de teoría, que supondrá hasta el 80% de la nota final, y de la nota de prácticas que supondrá hasta el 20% de la nota final.

### INFORMACIÓN ADICIONAL

Información de interés para estudiantado con discapacidad y/o Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE): [Gestión de servicios y apoyos](https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad) (<https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad>).

