



## 1. Identificación

### 1.1. De la Asignatura

<b>Curso Académico</b>	2016/2017
<b>Titulación</b>	MÁSTER UNIVERSITARIO EN BIOTECNOLOGÍA Y BIOLOGÍA DEL ESTRÉS DE PLANTAS
<b>Nombre de la Asignatura</b>	ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS PARA MEJORAR LA TOLERANCIA A ESTRESSES ABIÓTICOS DEL SUELO
<b>Código</b>	4526
<b>Curso</b>	PRIMERO
<b>Carácter</b>	OBLIGATORIA
<b>N.º Grupos</b>	1
<b>Créditos ECTS</b>	3
<b>Estimación del volumen de trabajo del alumno</b>	75
<b>Organización Temporal/Temporalidad</b>	Cuatrimestre
<b>Idiomas en que se imparte</b>	ESPAÑOL
<b>Tipo de Enseñanza</b>	Presencial

### 1.2. Del profesorado: Equipo Docente

<b>Coordinación de la asignatura</b> MARIA JOSE DE JESUS QUILES RODENAS Grupo: 1	<b>Área/Departamento</b>	BIOLOGÍA VEGETAL
	<b>Categoría</b>	CATEDRATICOS DE UNIVERSIDAD
	<b>Correo Electrónico /</b>	mjqviles@um.es
	<b>Página web / Tutoría electrónica</b>	Tutoría Electrónica: SÍ



	<b>Teléfono, Horario y Lugar de atención al alumnado</b>	<b>Duración</b>	<b>Día</b>	<b>Horario</b>	<b>Lugar</b>	
		Anual	Lunes	11:00- 12:00	868884947, Facultad de Biología B1.1.035-2	
		Anual	Martes	11:00- 12:00	868884947, Facultad de Biología B1.1.035-2	
		Anual	Miércoles	11:00- 12:00	868884947, Facultad de Biología B1.1.035-2	
<b>Coordinación de la asignatura</b> FRANCISCO BORJA FLORES PARDO Grupo: 1	<b>Correo Electrónico / Página web / Tutoría electrónica</b>	borjaflores@cebas.csic.es Tutoría Electrónica: Sí				
	<b>Teléfono, Horario y Lugar de atención al alumnado</b>	<b>Duración</b>	<b>Día</b>	<b>Horario</b>	<b>Lugar</b>	<b>Observaciones</b>
		Segundo Cuatrimestre	Lunes	12:30- 13:30		CEBAS-CSIC, edif. nº 25, Campus de Espinardo
		Segundo Cuatrimestre	Miércoles	12:30- 13:30		CEBAS-CSIC, edif. nº 25, Campus de Espinardo
		Segundo Cuatrimestre	Viernes	12:30- 13:30		CEBAS-CSIC, edif. nº 25, Campus de Espinardo



MARIA ISABEL EGEA SANCHEZ Grupo: 1	<b>Correo</b> <b>Electrónico /</b> <b>Página web /</b> <b>Tutoría electrónica</b>	iegea@cebas.csic.es Tutoría Electrónica: Sí				
	<b>Teléfono, Horario y</b> <b>Lugar de atención</b> <b>al alumnado</b>	<b>Duración</b> Segundo Cuatrimestre	<b>Día</b> Miércoles	<b>Horario</b> 12:30- 13:30	<b>Lugar</b>	<b>Observaciones</b> CEBAS-CSIC, Edif. nº 25, Campus de Espinardo
		Segundo Cuatrimestre	Viernes	12:30- 13:30		CEBAS-CSIC, Edif. nº 25, Campus de Espinardo
MARIA DEL CARMEN BOLARIN JIMENEZ Grupo: 1	<b>Correo</b> <b>Electrónico /</b> <b>Página web /</b> <b>Tutoría electrónica</b>	mbolarin@cebas.csic.es Tutoría Electrónica: Sí				
	<b>Teléfono, Horario y</b> <b>Lugar de atención</b> <b>al alumnado</b>	<b>Duración</b> Segundo Cuatrimestre	<b>Día</b> Miércoles	<b>Horario</b> 12:30- 13:30	<b>Lugar</b>	<b>Observaciones</b> CEBAS-CSIC, Edif. nº 25, Campus de Espinardo
		Segundo Cuatrimestre	Viernes	12:30- 13:30		CEBAS-CSIC, Edif. nº 25, Campus de Espinardo
RAFAEL CLEMENTE CARRILLO Grupo: 1	<b>Correo</b> <b>Electrónico /</b> <b>Página web /</b> <b>Tutoría electrónica</b>	rcllemente@cebas.csic.es Tutoría Electrónica: Sí				



	Teléfono, Horario y Lugar de atención al alumnado	Duración	Día	Horario	Lugar	Observaciones
		Segundo Cuatrimestre	Miércoles	12:30- 13:30		CEBAS-CSIC, Edif. nº 25, Campus de Espinardo
		Segundo Cuatrimestre	Viernes	12:30- 13:30		CEBAS-CSIC, Edif. nº 25, Campus de Espinardo
MARIA PILAR BERNAL CALDERON Grupo: 1	Correo Electrónico / Página web / Tutoría electrónica	pbernal@cebas.csic.es Tutoría Electrónica: Sí				
	Teléfono, Horario y Lugar de atención al alumnado	Duración	Día	Horario	Lugar	Observaciones
		Segundo Cuatrimestre	Miércoles	12:30- 13:30		CEBAS-CSIC, Edif. nº 25, Campus de Espinardo
		Segundo Cuatrimestre	Viernes	12:30- 13:30		CEBAS-CSIC, Edif. nº 25, Campus de Espinardo

## 2. Presentación

La asignatura se centra en el estudio de las rutas de percepción, señalización y regulación de la expresión génica de la planta sometida a estrés, así como en la función y actividad de las proteínas específicas de estrés, implicadas directamente en la respuesta de tolerancia. Otro objetivo clave de la asignatura es describir las herramientas genómicas que hay para la identificación y el análisis funcional de genes implicados en la respuesta al estrés abiótico y en los mecanismos de tolerancia. Finalmente se pretende mostrar al alumno



el interés y la aplicación que tienen estos conocimientos en el sector agro-alimentario; en la identificación de determinantes de tolerancia y marcadores moleculares relacionados para aplicar en programas de mejora, en la identificación de variantes alélicas favorables a la tolerancia para su introgresión en variedades comerciales de élite, y en la generación y en la evaluación de plantas transgénicas de interés agronómico en cuanto a sus rasgos de tolerancia. Estos conocimientos son complementarios con los adquiridos en otras asignaturas del Máster, como las dedicadas a los efectos y factores fisiológicos y fenotípicos de los estreses bióticos y abióticos. La asignatura aborda también la respuesta de las plantas al estrés provocado por los metales pesados en el suelo, su capacidad de acumulación y su tolerancia a estos contaminantes. Esto permitirá diseñar estrategias de recuperación de suelos contaminados, tanto agrícolas como industriales y mineros. La aplicación de todos estos conocimientos conduce evidentemente a un aumento sensible de la productividad y calidad en la agricultura en condiciones de estrés.

Esta asignatura se imparte por investigadores del centro de investigación CEBAS-CSIC, sito en Edificio nº 25 del Campus de Espinardo, y el coordinador es el Dr. Francisco Borja Flores Pardo (borjaflores@cebas.csic.es).

Profesorado que imparte clases en dicha asignatura:

1) Del departamento de Biología del Estrés y Patología Vegetal:

Prof. M<sup>a</sup> Carmen Bolarín Jimenez (mbolarin@cebas.csic.es)

Dr. Francisco Borja Flores Pardo (borjaflores@cebas.csic.es)

Dr. M<sup>a</sup> Isabel Egea Sánchez (iegea@cebas.csic.es)

2) Del departamento de Conservación de Suelos y Agua y Manejo de Residuos Orgánicos:

Prof. M<sup>a</sup> Pilar Bernal Calderón (pbernal@cebas.csic.es)

Dr. Rafael Clemente Carrillo (rclemente@cebas.csic.es)

### **3. Condiciones de acceso a la asignatura**

#### **3.1 Incompatibilidades**

No existen incompatibilidades para esta asignatura

#### **3.2 Recomendaciones**

Se recomienda tener conocimientos de inglés e informática



## 4. Competencias

### 4.1 Competencias Básicas

- CB6. Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el 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.

### 4.2 Competencias de la titulación

- E15. Ser capaz de aplicar los numerosos y variados métodos de evaluación de estados de estrés en las plantas.
- E16. Ser capaz de comprender las limitaciones de los métodos de detección y cuantificación del estrés en las plantas, que implican tanto la destrucción de las muestras vegetales como los ensayos no destructivos.
- E17. Ser capaz de diferenciar los efectos inducidos por los estreses iónicos, nutricional y osmótico que afectan negativamente a la producción de especies de interés agronómico.
- E18. Ser capaz de conocer las diferentes herramientas genómicas para la tolerancia a estreses.
- E19. Ser capaz de seleccionar especies vegetales utilizables para cada escenario de contaminación por metales pesados y la/s estrategia/s a utilizar para mejorar la tolerancia al estrés abiótico.
- E20. Ser capaz de medir la emisión de fluorescencia de la clorofila y determinar los principales parámetros de fluorescencia, así como saber utilizarlos para evaluar el estrés en las plantas.

### 4.3 Competencias transversales y de materia

- Competencia 1. Identificar las causas y consecuencias de los estreses abióticos que afectan negativamente a la producción de especies de interés agronómico.
- Competencia 2. Capacidad de selección de especies vegetales utilizables para cada escenario de contaminación por metales pesados.
- Competencia 3. Diferenciar los efectos inducidos por los estreses iónicos, nutricional y osmótico provocados por los estreses abióticos en la planta.
- Competencia 4. Seleccionar la/s estrategia/s a utilizar para mejorar la tolerancia al estrés abiótico.

## 5. Contenidos

### TEMA 1. Contaminación por metales pesados

#### Tema 1.- Contaminación por metales pesados



- 1.1.- Importancia del estrés por metales pesados
- 1.2.- Concentraciones tóxicas críticas y acumulación en las plantas
- 1.3.- Respuestas de las plantas a la toxicidad por metales pesados
- 1.4.- Técnicas de recuperación de suelos
- 1.5.- Fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados y metaloides: Casos prácticos.

## **TEMA 2. Estrés iónico inducido por salinidad**

### **Tema 2.- Estrés iónico inducido por salinidad**

- 2.1.- Causas que lo provocan y consecuencias sobre la producción y calidad
- 2.2.- Respuesta de las plantas a dicho estrés
- 2.3.- Diferenciación de los mecanismos de tolerancia según las condiciones de cultivo y niveles de estrés

## **TEMA 3. Estrés nutricional inducido por salinidad**

### **Tema 3.- Estrés nutricional inducido por salinidad**

- 3.1.- Causas que lo provocan y consecuencias sobre la producción y calidad
- 3.2.- Respuesta de las plantas a dicho estrés

## **TEMA 4. Estrés osmótico provocado por diferentes estreses abióticos**

### **Tema 4.- Estrés osmótico provocado por diferentes estreses abióticos**

- 4.1.- Causas que lo provocan y consecuencias sobre la producción y calidad
- 4.2.- Respuesta de las plantas a dicho estrés

## **TEMA 5. Homeostasis o reparación de los daños inducidos por diferentes estreses abióticos**

### **Tema 5.- Homeostasis o reparación de los daños inducidos por diferentes estreses abióticos**

- 5.1.- Señalización del estrés y rutas de transducción de señales
- 5.2.- Regulación transcripcional de la expresión de genes
- 5.3.- Genes y proteínas de respuesta
- 5.4.- Estrategias de genética directa e inversa: del fenotipo a la secuencia y de la secuencia al fenotipo
- 5.5.- Sobreexpresión y silenciamiento de genes candidatos.
- 5.6.- Análisis de mutantes. Mutantes EMS y tecnología TILLING.



5.7.- Mutagénesis insercional

## PRÁCTICAS

**Práctica 1. Efecto de los estreses abióticos en plantas:** *Global*

Efecto de los estreses abióticos en plantas

**Práctica 2. Preparación de soluciones nutritivas para el cultivo:** *Global*

Preparación de soluciones nutritivas para el cultivo

**Práctica 3. Análisis de metales pesados en suelos y plantas:** *Global*

Análisis de metales pesados en suelos y plantas

**Práctica 4. Preparación de medios de cultivo para evaluación in Vitro de la tolerancia a estrés:** *Global*

Preparación de medios de cultivo para evaluación in Vitro de la tolerancia a estrés

**Práctica 5. Análisis de solutos inorgánicos y orgánicos en planta:** *Global*

Análisis de solutos inorgánicos y orgánicos en planta

**Práctica 6. Evaluación y caracterización del nivel de estrés osmótico en plantas:** *Global*

Evaluación y caracterización del nivel de estrés osmótico en plantas

**Práctica 7. Fenotipado y caracterización molecular de mutantes:** *Global*

Fenotipado y caracterización molecular de mutantes

## 6. Metodología Docente

Actividad Formativa	Metodología	Horas Presenciales	Trabajo Autónomo	Volumen de trabajo
Clases teóricas	Se impartirán los contenidos teóricos y procedimientos asociados, utilizando el método expositivo con apoyo de medios audiovisuales. Durante la exposición se podrán plantear preguntas sobre el tema, resolver dudas, orientar la búsqueda de información, etc.	10	24	34



Actividad Formativa	Metodología	Horas Presenciales	Trabajo Autónomo	Volumen de trabajo
Clases Prácticas	La metodología consistirá en el aprendizaje de las técnicas de diagnóstico, de preparación de los cultivos y de análisis de los materiales necesarios para llevar a cabo los objetivos propuestos. Se visitarán las cámaras de cultivo (in Vitro e in vivo) y el invernadero para observar los efectos del estrés en la planta.	10	23	33
Tutorías	La metodología consistirá en aclarar las diversas cuestiones planteadas por el alumno, proporcionar las referencias o los artículos bibliográficos específicos y orientar sobre cualquier tema planteado por el mismo.	4	0	4
Seminarios	La metodología consistirá en la preparación por parte del alumno de un tema específico de la materia y su exposición utilizando medios audiovisuales . Además, elaborará una Memoria resumen del tema, incluyendo las referencias bibliográficas.	4	0	4
	Total	28	47	75

## 7. Horario de la asignatura

<http://www.um.es/web/biologia/contenido/estudios/masteres/biologia-plantas/2016-17#horarios>

## 8. Sistema de Evaluación

<b>Métodos / Instrumentos</b>	Informes escritos, trabajos y proyectos.
<b>Criterios de Valoración</b>	Valoración de trabajos escritos, portafolios, con independencia de que se realicen individual o grupalmente.
<b>Ponderación</b>	20



<b>Métodos / Instrumentos</b>	Presentación pública de trabajos.
<b>Criterios de Valoración</b>	Exposición de los resultados obtenidos y procedimientos necesarios para la realización de un trabajo, así como respuestas razonadas a las posibles cuestiones que se planteen sobre el mismo.
<b>Ponderación</b>	20
<b>Métodos / Instrumentos</b>	Procedimiento de observación del trabajo del estudiante.
<b>Criterios de Valoración</b>	Registros de participación, de realización de actividades, cumplimiento de plazos, participación en foros.
<b>Ponderación</b>	60

## Fechas de exámenes

<http://www.um.es/web/biologia/contenido/estudios/masteres/biologia-plantas/2016-17#examenes>

## 9. Bibliografía

### Bibliografía Complementaria



An, G., Lee, S., Kim, S.H. & Kim, S.R. (2005). Molecular genetics using T-DNA in rice. *Plant Cell Physiology*. 46(1): 14–22.



Verslues, P.E. & Juenger, T.E. (2011). Drought, metabolites, and Arabidopsis natural variation: a promising combination for understanding adaptation to water-limited environments. *Current Opinion Plant Biology*. 14(3): 240-245

Vij, S. & Tyagi, A.K. (2007). Emerging trends in the functional genomics of the abiotic stress response in crop plants: Review article. *Plant Biotechnology Journal*. 5: 361-380.






Berger, B., Parent, B. & Tester, M. (2010). High-throughput shoot imaging to study drought responses. *Journal of Experimental Botany*. 61(13): 3519-3528.



Blum, A. (2009). Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. *Field Crops Research*. 112: 119-123.



-  Blum, A. (2011). Drought resistance - it is really a complex trait?. *Functional Plant Biology*. 38(19): 753-757.
-  Bohnert, H.J., Gong, Q., Li, P. & Ma, S. (2006). Unraveling abiotic stress tolerance mechanisms - Getting genomics going. *Current Opinion in Plant Biology*. 9: 180-188.
-  Caballero, F., F. García-Sánchez, V. Gimeno, J. P. Syvertsen, V. Martínez, and F. Rubio. (2013). high-Affinity Potassium Uptake in Seedlings of Two Citrus Rootstocks Carrizo Citrange (*Citrus Sinensis* [L.] Osb. × *Poncirus Trifoliata* [L.] Raf.) and Cleopatra Mandarin (*Citrus Reshni* Hort. Ex Tanaka). *Australian Journal of Crop Science* 7 (5): 538-542.
-  Casson, S. & Gray, J.E. (2008). Influence of environmental factors on stomatal development. *New Phytologist*. 178: 9-23.
-  Collins, N.C., Tardieu, F. & Tuberosa, R. (2008). Quantitative trait loci and crop performance under abiotic stress: where do we stand? *Plant Physiology*. 147(2): 469-486.
-  Cuartero, J. Bolarín, M.C., Moreno, V. & Pineda, B. (2010). Molecular tools for enhancing salinity tolerance in plants. In: Jain SM, Brar DS (eds) *Molecular techniques in crop improvement*. pp 373-405.
-  Cuartero, J., Bolarín, M.C., Asins, M.J. & Moreno, V. (2006). Increasing salt tolerance in the tomato. *Journal of Experimental Botany*. 57: 1045-1058.
-  Deyholos, M.K. (2010). Making the most of drought and salinity transcriptomics. *Plant Cell Environ*. 33(4): 648-54.
-  Estañ MT, Villalta I, Bolarín -MC, Carbonell -ME, Asins MJ (2009). Identification of fruit yield loci controlling the salt tolerance conferred by solanum rootstocks. *Theor. App. Genet*. 118: 305-312.
-  Estañ, M.T., Martínez-Rodríguez, M.M., Pérez-Alfocea, F., Flowers, T.J. & Bolarín, M.C. (2005). Grafting raises the salt tolerance of tomato through limiting the transport of sodium and chloride to the shoot. *Journal of Experimental Botany*. 56: 703-712.
-  Flowers, T.J. & Colmer, T.D. (2008). Salinity tolerance in halophytes. *New Phytologist*. 179(4): 945-63.
-  Frary, A., Gol, D., Keles, D., Okmen, B., Pinar, H., Sigva, H. O., Yemenicioglu, A., Doganlar & S. (2010). Salt tolerance in *Solanum pennellii*: Antioxidant response and related QTL. *BMC Plant Biology*. 6: 10: 58.
-  Frary, A., Kele#, D., Pinar, H., Göl D. & Do#anlar, S. (2011). NaCl tolerance in *Lycopersicon pennellii* introgression lines: QTL related to physiological responses. *Biologia Plantarum*. 55(3): 461-468.
-  Harada, E., Kim, J.A. & Meyer, A.J. (2010). Expression profiling of tobacco leaf trichomes identifies genes for biotic and abiotic stresses. *Plant Cell Physiology*. 51(10): 1627-1637.



-  Hirayama, T. & Shinozaki, K. (2010). Research on plant abiotic stress responses in the post-genome era: past, present and future. *Plant Journal*. 61(6): 1041-1052. Intrigliolo DS, Puerto H, Bonet L, Alarcón JJ, Nicolás E, Bartual J. (2011). Usefulness of trunk diameter variations as continuous water stress indicators of pomegranate (*Punica granatum*) trees. *Agricultural Water Management* 98: 1462-1468.
-  Jiang, Y., Yang, B., Harris, N.S. & Deyholos, M.K. (2007). Comparative proteomic analysis of NaCl stress-responsive proteins in *Arabidopsis* roots. *Journal of Experimental Botany*. 58: 3591-3607.
-  Keunen E, Peshev D, Vangronsveld J, Van den Ende W, Cuypers A. (2013). Plant sugars are crucial players in the oxidative challenge during abiotic stress: extending the traditional concept. *Plant, Cell and Environment* 36: 1242-1255.
-  Khan, P.S.S.V., Hoffmann, L., Renaut, J. & Hausman, J.F. (2007). Current initiatives in proteomics for the analysis of plant salt tolerance. *Current Science*. 93: 807-817.
-  Khodakovskaya, M., Sword, C., Wu, Q., Perera, I.Y., Boss, W.F., Brown, C.S. & Winter Sederoff, H. (2010). Increasing inositol (1,4,5)-trisphosphate metabolism affects drought tolerance, carbohydrate metabolism and phosphate-sensitive biomass increases in tomato. *Plant Biotechnology Journal*. 8(2): 170-183. Leidi, E.O., Barragán, V., Rubio, L., El-Hamdaoui, A., Ruiz, M.T., Cubero, B., Fernández, J.A., Bressan, R.A., Hasegawa, P.M., Quintero, F.J. & Pardo, J.M. (2010). The AtNHX1 exchanger mediates potassium compartmentation in vacuoles of transgenic tomato. *Plant Journal*. 61(3): 495-506.
-  Ling, Q.H., Huang, W.H. & Jarvis, P. (2011). Use of a SPAD-502 meter to measure leaf chlorophyll concentration in *Arabidopsis thaliana*. *Photosynthesis Research*. 107(2): 209-214. Lugan, R., Niogret, M.F., Lepout, L., Guégan, J.P., Larher, F.R., Saviouré, A., Kopka, J. & Bouchereau, A. (2010). Metabolome and water homeostasis analysis of *Thellungiella salsuginea* suggests that dehydration tolerance is a key response to osmotic stress in this halophyte. *Plant Journal*. 64(2): 215-229.
-  Martínez-Alcalá, I., L. E. Hernández, E. Esteban, D. J. Walker, and M. Pilar Bernal. (2013). Responses of *Noccaea Caerulescens* and *Lupinus Albus* in Trace Elements-Contaminated Soils. *Plant Physiology and Biochemistry* 66: 47-55
-  Martínez-Rodríguez, M.M., Estañ, M.T., Moyano, E., García-Abellán, J.O., Flores, F.B., Campos, J.F., Al-Azzawi, M.J., Flowers, T.J., Bolarín, M.C. (2008). The effectiveness of grafting to improve salt tolerance in tomato when an "excluder" genotype is used as scion. *Environmental and Experimental Botany*. 63(1-3): 392-401



-  Mian, A., Oomen, R.J., Isayenkov, S., Sentenac, H., Maathuis, F.J. & Véry, A.A. (2011). Over-expression of an Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> permeable HKT transporter in barley improves salt tolerance. *The Plant Journal*. 68(3): 468-479.
-  Mittler, R. & Blumwald, E. (2010). Genetic engineering for modern agriculture: challenges and perspectives. *Annual Review Plant Biology*. 61: 443-462. Moreno-Gutiérrez C., Dawson TE., Nicolás E., Querejeta JI. (2012). Isotopes reveal contrasting water use strategies among coexisting plant species in a Mediterranean ecosystem. *New Phytologist* 196: 489-496.
-  Muñoz-Mayor, A., Pineda, B., García-Abellán, J. O., García-Sogo, B., Moyano, E., Atares, A., Vicente-Agulló, F., Serrano, R., Moreno, V. & Bolarín, M.C. (2008). The HAL1 function on Na<sup>+</sup> homeostasis is maintained over time in salt-treated transgenic tomato plants, but the high reduction of Na<sup>+</sup> in leaf is not associated with salt tolerance. *Physiologia Plantarum*. 133: 288-297.
-  Munnik, T. & Vermeer, J.E.M. (2010). Osmotic stress-induced phosphoinositide and inositol phosphate signalling in plants. *Plant, Cell & Environment*. 33(4): 655-669. Munns, R. & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*. 59: 651-681.
-  Nevo, E. & Chen, G. (2010). Drought and salt tolerances in wild relatives for wheat and barley improvement. *Plant Cell & Environment*. 33: 670-685. Nieves-Cordones, M., Alemán, F., Martínez, V. & Rubio, F. (2010). The Arabidopsis thaliana HAK5 K<sup>+</sup> transporter is required for plant growth and K<sup>+</sup> acquisition from low K<sup>+</sup> solutions under saline conditions. *Molecular Plant*. 3(2): 326-333.
-  Olias, R., Eljakaoui, Z., Li, J., de Morales, P.A., Marín-Manzano, M.C., Pardo, J.M., Belver, A. (2009). The plasma membrane Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> antiporter SOS1 is essential for salt tolerance in tomato and affects the partitioning of Na<sup>+</sup> between plant organs. *Plant Cell and Environment*. 32(7): 904-916.
-  Passioura, J.B. & Angus, J.F. (2010). Improving Productivity of Crops in Water-Limited Environments. *Advances in Agronomy*. 106: 37-75. Pedrero F., Allende A., Gil MI., Alarcón JJ. (2012). Soil chemical properties, leaf mineral status and crop production in a lemon tree orchard irrigated with two types of wastewater. *Agricultural Water Management* 109: 54-60
-  Perera, I.Y., Hung, C.Y., Moore, C.D., Stevenson-Paulik, J. & Boss, W.F. (2008). Transgenic Arabidopsis plants expressing the type 1 inositol 5-phosphatase exhibit increased drought tolerance and altered abscisic acid signaling. *The Plant Cell*. 20(10): 2876-2893. Pillitteri LJ, Torii KU (2012). Mechanisms of Stomatal Development. *Annu. Rev. Plant Biol.* 63: 591-614.
-  Pineda, B., García-Abellán, J.O., Pérez, F., Campos, J.F., Antón, T., García-Sogo, B., Vicente-Agulló, F., Morales, B., Capel, J., Angosto, T., Estañ, M.T., Moreno, V., Bolarín, M.C., Lozano, R. & Atarés, A.



- (2012). Genomic Approaches for Salt and Drought Stress Tolerance in Tomato. Eds Wiley - Blackwell. *Improving Crop Resistance to Abiotic Stress*. pp 1083-1118. Plett, D. & Moller, I.S.(2010). Na plus transport in glycophytic plants: what we know and would like to know. *Plant Cell and Environment*. 33(4): 612-626.
-  Reguera, M., Peleg, Z. & Blumwald, E. (2011). Targeting metabolic pathways for genetic engineering abiotic stress-tolerance in crops. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1819(2): 186-194. Richards, R.A., Rebetzke, G.J., Watt, M., Condon, A.G. (Tony), Spielmeyer, W. & Dolferus, R. (2010). Breeding for improved water productivity in temperate cereals: phenotyping, quantitative trait loci, markers and the selection environment. *Functional Plant Biology*. 37: 85-97.
-  Roy, S.J., Tucker, E.J. & Tester, M. (2011). Genetic analysis of abiotic stress tolerance in crops. *Current Opinion in Plant Biology*. 14(3): 232-239. Sánchez-Bell, P., Egea, I., Flores, F.B. & Bolarín, M.C. (2011). Tomato: Grafting to improve salt tolerance. In book *Improving Crop Resistance to Abiotic Stress* (Ed N. Tuteja). *Wiley-VCH Verlag GmbH & Co*.
-  Sánchez-Bel, P., Egea, I., Sánchez-Ballesta, M.T., Sevillano, L., Bolarín, M.C. & Flores, F.B. (2012). Proteome Changes in Tomato Fruits Prior to Visible Symptoms of Chilling Injury are Linked to Defensive Mechanisms, Uncoupling of Photosynthetic Processes and Protein Degradation Machinery. *Plant and Cell Physiology*. 53(2): 470-484. Sinclair, T.R. (2011). Challenges in breeding for yield increase for drought. *Trends Plant Science*. 16(6): 289-293.
-  Tomato Genome Consortium (2012). The tomato genome sequence provides insights into fleshy fruit evolution. *Nature*. 485(7400): 635-641. Valluru, R. & Van der Ende, W. (2011). Myo-inositol and beyond emerging networks under stress. *Plant Science*. 181: 387-400.
-  Varshney, R.K., Bansal, K.C., Aggarwal, P.K., Datta, S.K. & Craufurd, P.Q. (2011). Agricultural biotechnology for crop improvement in a variable climate: Hope or hype? *Trends in Plant Science*. 16(7): 363-371.
-  Atarés, A., Moyano, E., Morales, B., Schleicher, P., García-Abellán, J. O., Antón, T., García-Sogo, B., Pérez-Martín, F., Lozano, R., Flores, F. B., Moreno, V., Bolarín, M.C. & Pineda, B. (2011). An insertional mutagenesis programme with an enhancer trap for the identification and tagging of genes involved in abiotic stress tolerance in the tomato wild-related species *Solanum pennellii*. *Plant Cell Reports*. 30(10): 1865-1879.
-  Bergougnoux, V. (2014). The history of tomato: from domestication to biopharming. *Biotechnology Advances* 32:170-189.



-  García-Abellan, J.O., Egea, I., Pineda, B., Sanchez-Bel, P., Belver, A., Garcia-Sogo, B., Flores, F.B., Atares, A., Moreno, V. & Bolarin, M.C. (2014). Heterologous expression of the yeast *HAL5* gene in tomato enhances salt tolerance by reducing shoot Na accumulation in the long term. *Physiologia Plantarum* doi: 10.1111/ppl.12217
-  Hasegawa P.M. (2013). Sodium (Na ) homeostasis and salt tolerance of plants. *Environmental and Experimental Botany* 92: 19-31.
-  Huertas, R., Rubio, L., Cagnac, O., Garcia-Sanchez, M.J., Alché J.D., Venema, K., Fernandez, J.A. & Rodriguez-Rosales, M.P. (2013). The K /H antiporter LeNHX2 increases salt tolerance by improving K homeostasis in transgenic tomato. *Plant, Cell and Environment* 36: 2135–2149.
-  Maathuis F.J.M. (2013). Sodium in plants: perception, signaling, and regulation of sodium fluxes. *Journal of Experimental Botany* 65(3):849-858.
-  Muñoz-Mayor, A., Pineda, B., Garcia-Abellán, J.O., Antón, T., Garcia-Sogo, b., Sanchez-Bel, P., Flores, F.B., Atarés, A., Angosto, T., Pintor-Toro, J.A., Moreno, V. & Bolarin, M.C. (2012). Overexpression of dehydrin *tas14* gene improves the osmotic stress imposed by drought and salinity in tomato. *Journal of Plant Physiology* 169: 459– 468.
-  Shabala S. (2013). Learning from halophytes: physiological basis and strategies to improve abiotic stress tolerance in crops. *Annals of Botany* 112: 1209-1221.

## 10. Observaciones y recomendaciones

Esta asignatura se imparte por investigadores del CEBAS-CSIC, y el coordinador es el Dr. Francisco Borja Flores Pardo (borjaflores@cebas.csic.es).

Profesorado que imparte clases en dicha asignatura:

1) Del departamento de Biología del Estrés y Patología Vegetal:

Prof. M<sup>a</sup> Carmen Bolarín Jimenez (mbolarin@cebas.csic.es)

Dr. Francisco Borja Flores Pardo (borjaflores@cebas.csic.es)

Dr. M<sup>a</sup> Isabel Egea Sánchez (iegea@cebas.csic.es)

2) Del departamento de Conservación de Suelos y Agua y Manejo de Residuos Orgánicos:

Prof. M<sup>a</sup> Pilar Bernal Calderón (pbernal@cebas.csic.es)

Dr. Rafael Clemente Carrillo (rclemente@cebas.csic.es)