

CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SURESTE ESPAÑOL: EFECTO DE LAS INUNDACIONES EN CÍTRICOS

Carmen Rojo Carrillo¹, Hiba Maimouni Labied¹, Nazaret Miralles Jiménez¹,

María José López Contreras¹, Margarita Pérez-Jiménez²

¹Departamento de Biología y Geología, IES Doctor Pedro Guillén

²Departamento de Biotecnología, Genómica y Mejora vegetal, IMIDA



INTRODUCCIÓN

El cambio climático en el sureste español se manifiesta con alternancia de períodos de sequía y episodios de precipitaciones extremas. Las inundaciones conllevan hipoxia radicular, para la que muchos cultivos no están adaptados. Este es el caso de los cítricos, un género que cuenta con numerosas especies de relevancia económica para nuestra región, de ahí la importancia de encontrar patrones adaptados a nuestro entorno.

MATERIAL Y MÉTODOS

DESCRIPCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

Se ha llevado a cabo un ensayo de encharcamiento en cámara climática en patrones de cítricos: 5 de *Citrus macrophylla*, 5 de 'Cleopatra' (*Citrus reshni* Hort ex Tanaka) y 5 de 'Forner Alcaide n.º 5' (*Citrus reshni* Hort. Ex Tanaka x *Procris trifoliata*) (Figura 1).

Se tomaron muestras antes del encharcamiento (CONTROL), tras 7 días encharcados (ENCHARCAMIENTO) y 7 días después de restaurar las condiciones iniciales (RECUPERACIÓN).



Figura 1. Procedimiento experimental.

OBJETIVOS

- **OBJETIVO GENERAL:** Estudiar el efecto de las inundaciones en patrones de cítricos.
- **OBJETIVO ESPECÍFICO:** Estudiar qué parámetros se ven alterados por estos procesos para evaluar la capacidad de resiliencia de las plantas estudiadas.

PARÁMETROS MEDIDOS

- **Diámetro del tronco:** a 10 cm del sustrato mediante un calibre digital electrónico.
- **Contenido relativo de agua (CRA):** mediante la ecuación $CRA = 100 [(PF - PS) / (PT - PS)]$, donde PF es peso fresco, PT es peso turgente y PS es el peso seco de los discos de hoja.
- **Tasa de asimilación neta de CO₂ (A), tasa de transpiración (E) y conductancia estomática (gs):** mediante un medidor de fotosíntesis portátil (LI-6400, Li-Cor, Lincoln, NE, EEUU).
- **Contenido de clorofila:** mediante espectrofotometría, siguiendo el procedimiento descrito por Inskeep y Bloom (1985).
- **Contenido de Fe en las hojas:** mediante ICP (espectrofotometría de plasma Varian MPX Vista Radial).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

Se analizó la homogeneidad de la varianza y la distribución normal de los datos. Se realizó un ANOVA y una prueba de rango múltiple de Duncan, con un valor de significación ($P < 0,05$), usando el programa Statgraphics Centurion® XVI.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el encharcamiento, el crecimiento de las plantas se detuvo, con valores de diámetro del tronco similares a los del control, como ya ha sido descrito anteriormente por otros autores (Martínez-Alcántara *et al.*, 2012). El crecimiento de las plantas continuó posteriormente, observándose valores mayores del diámetro del tronco tras la recuperación (Figura 2).

El CRA en las hojas disminuyó en *C. macrophylla* y 'Cleopatra' durante el encharcamiento, aunque estos valores volvieron a la normalidad tras la recuperación. En 'Forner Alcaide n.º 5' este parámetro no se alteró de forma significativa durante el experimento (Figura 3).

La tasa de asimilación neta de CO₂ disminuyó en 'Cleopatra' en el encharcamiento y tras la recuperación. Esto indica que este genotipo es más sensible a las inundaciones, como se ha descrito en otros estudios (Arbona *et al.*, 2008). La menor tasa de asimilación neta de CO₂ no se debe a una degradación de las clorofilas, ya que no se ha observado una disminución de la concentración de clorofila en ninguno de los patrones (Tabla 1).

La conductancia estomática se redujo durante el encharcamiento en 'Cleopatra' y 'Forner Alcaide n.º 5', y estos valores no se recuperaron, como sí ha sido publicado por otros autores (Rodríguez-Gamir *et al.*, 2011). La tasa de transpiración se redujo en los tres patrones con el encharcamiento, además, en *C. macrophylla* el valor fue semejante al control en la recuperación. En *C. macrophylla*, la disminución en la tasa de transpiración no se relaciona con la conductancia estomática, mientras que en los otros dos genotipos sí se observó relación entre estos dos parámetros. La disminución de la transpiración, no afectó al CRA en las hojas en 'Forner Alcaide n.º 5', pero sí en los otros dos patrones (Tabla 1).

El contenido de Fe no se alteró de forma significativa en 'Cleopatra', pero se redujo en los otros dos genotipos durante la recuperación (Tabla 1), lo que contrasta con otros estudios en los cuales se asociaba una menor absorción de Fe en plantas a una mayor sensibilidad al encharcamiento (Martínez-Cuenca *et al.*, 2015).

CONCLUSIONES

- El portainjerto 'Cleopatra' resultó ser el más sensible al encharcamiento, ya que redujo su contenido relativo de agua, la tasa neta de asimilación de CO₂, la conductancia estomática y la tasa de transpiración, manteniéndose alterados la mayoría de estos parámetros incluso tras la recuperación.
- *Citrus macrophylla* y 'Forner Alcaide n.º 5' parecen ser más resistentes que 'Cleopatra' al encharcamiento, ya que los parámetros afectados durante el encharcamiento (contenido relativo de agua, conductancia estomática y tasa de transpiración), se recuperan posteriormente. *Citrus macrophylla* recupera mejor estos parámetros que 'Forner Alcaide n.º 5'.
- En *Citrus macrophylla* y 'Forner Alcaide n.º 5' el encharcamiento reduce el contenido de Fe, mientras que en 'Cleopatra' se mantiene.

BIBLIOGRAFÍA

- Arbona, V. y Gómez-Cadenas, A. (2008) Hormonal modulation of citrus responses to flooding. *J. Plant Growth Regul.* 27, 241-250.
- Inskeep, H. y Bloom, P.R., 1985. Extinction coefficients of chlorophyll a and b in N,N-Dimethylformamide and 80% acetone. *Plant Physiol.* 77, 483-485.
- Martínez-Alcántara, B., Jover, S., Quiñones, A., Forner-Giner, M.A., Rodríguez-Gamir, J., Legaz, F., Primo-Millo, E. e Iglesias, D.J. (2012) Flooding affects uptake and distribution of carbon and nitrogen in citrus seedlings. *J. Plant Physiol.* 169, 1150-1157.
- Martínez-Cuenca, M.-R., Quiñones, A., Primo-Millo, E. y Forner-Giner, A. (2015). Flooding impairs Fe uptake and distribution in citrus due to the strong down-regulation of genes involved in strategy I responses to Fe deficiency in roots. *Plos One* 10(4), e0123644. doi:10.1371/journal.pone.0123644.
- Rodríguez-Gamir, J., Ancillo, G., González-Mas, M. C., Primo-Millo, E., Iglesias, D. J. y Forner-Giner, M. A. (2011). Root signalling and modulation of stomatal closure in flooded citrus seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*, 49 (6), 636-645.

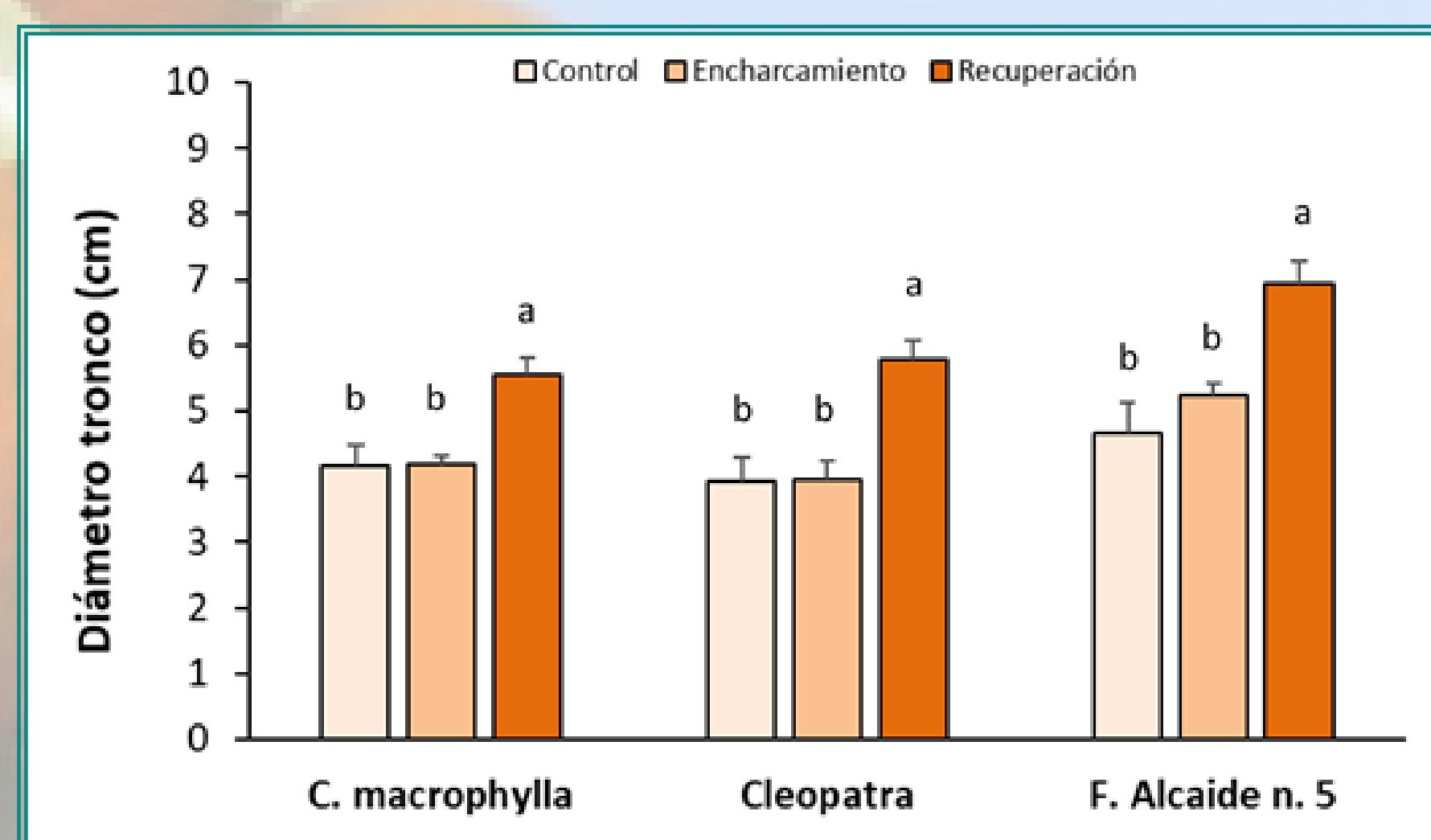


Figura 2. Diámetro del tronco de los tres patrones de cítricos en las tres fases del experimento (media \pm desviación estándar). Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,005$).

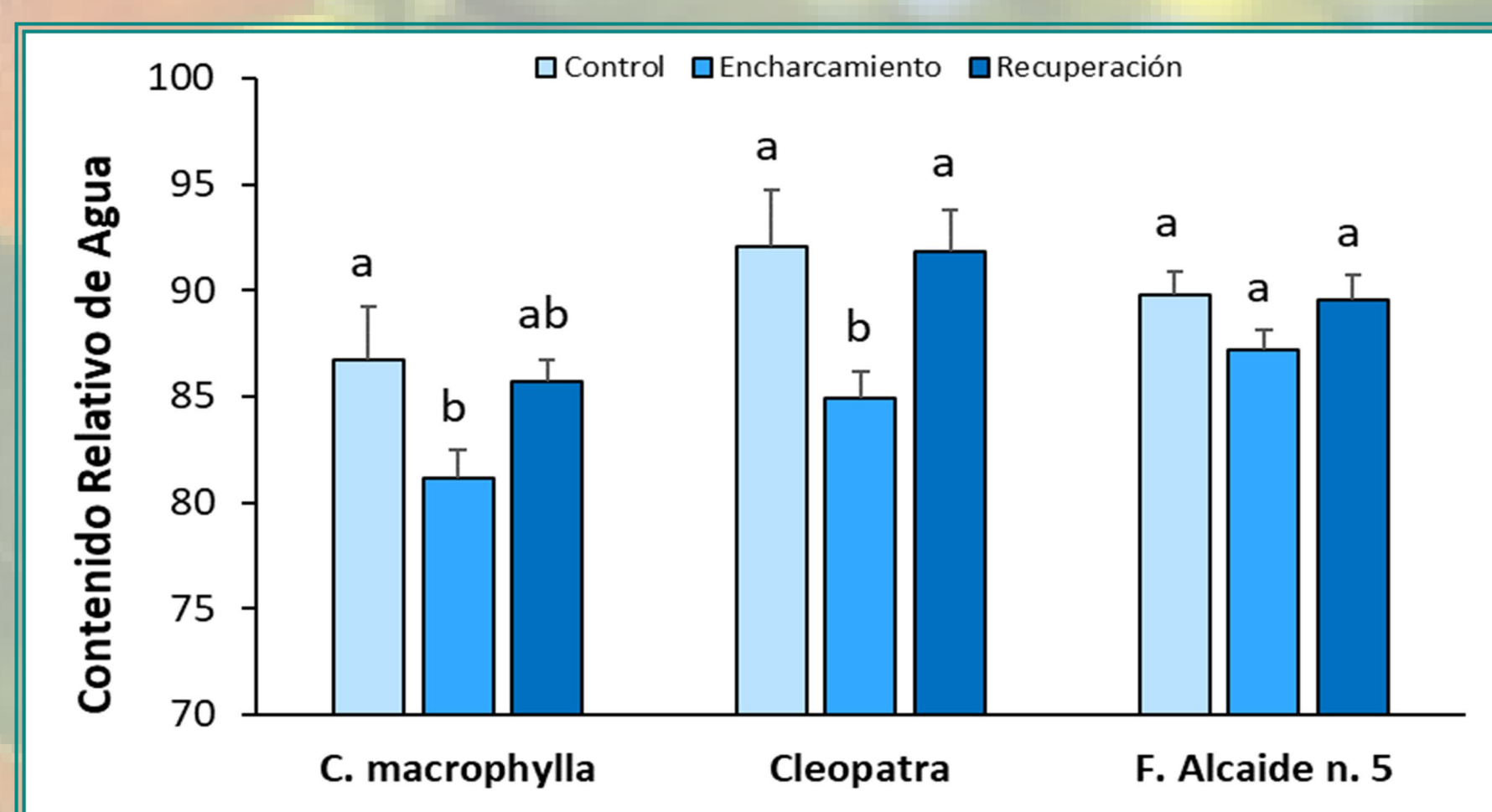


Figura 3. Contenido relativo de agua en los 3 patrones de cítricos en las tres fases del experimento (media \pm desviación estándar). Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,005$).

Tabla 1. Tasa de asimilación neta de CO₂ (A), conductancia estomática (gs), tasa de transpiración (E), contenido de clorofila y contenido de Fe en las hojas en los tres patrones de cítricos y en las tres fases del experimento (C: control; E: encharcamiento; R: recuperación).

	A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	gs ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	CLOROFILA (mg g^{-1})	Fe ($\text{mg l kg}^{-1} \text{ PS}$)
<i>Citrus macrophylla</i>					
C	1,960 \pm 0,544	27,268 \pm 5,286	0,838 \pm 0,141 a	2,312 \pm 0,064	0,738 \pm 0,121 a
E	2,705 \pm 0,402	25,699 \pm 2,763	0,463 \pm 0,052 b	2,158 \pm 0,036	0,789 \pm 0,140 a
R	2,329 \pm 0,334	39,088 \pm 6,941	0,885 \pm 0,140 a	2,181 \pm 0,016	0,400 \pm 0,059 b
'Cleopatra'					
C	3,849 \pm 0,393 a	63,986 \pm 5,461 a	2,038 \pm 0,191 a	2,015 \pm 0,037	0,275 \pm 0,039
E	3,351 \pm 0,406 ab	35,526 \pm 6,254 b	0,631 \pm 0,110 b	1,918 \pm 0,011	0,273 \pm 0,028
R	2,530 \pm 0,203 b	32,917 \pm 1,766 b	0,756 \pm 0,039 b	1,665 \pm 0,028	0,325 \pm 0,047
'Forner Alcaide n.º 5'					
C	2,316 \pm 0,168	52,209 \pm 6,269 a	1,540 \pm 0,131 a	1,731 \pm 0,036	0,392 \pm 0,046 a
E	2,720 \pm 0,422	26,371 \pm 5,887 b	0,488 \pm 0,110 b	1,619 \pm 0,088	0,461 \pm 0,038 a
R	2,500 \pm 0,168	36,609 \pm 6,604 ab	0,807 \pm 0,119 ab	1,729 \pm 0,162	0,266 \pm 0,017 b

Los valores se expresan como media \pm desviación estándar.

Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,005$).

