

Impacto de la sequía sobre las plantaciones de almendro en regadío

Los ensayos se han realizado durante tres años bajo las condiciones del sur de España

David Moldero¹, Álvaro López-Bernal², Luca Testi¹, Ignacio J. Lorite³, Elías Fereres^{1,2}, Francisco Orgaz¹.

¹ Departamento de Agronomía, IAS-CSIC, Córdoba.

² Departamento de Agronomía, Universidad de Córdoba, Córdoba.

³ IFAPA-Alameda del Obispo, Junta de Andalucía, Córdoba.

Este trabajo describe los resultados de un experimento de tres años en el que se estudiaron los efectos a corto y largo plazo de restricciones en la disponibilidad de agua para riego en el cultivo del almendro, con el fin de obtener información valiosa para agricultores, empresas y organismos públicos implicados en la gestión del agua.



Vista de la finca experimental.

España cuenta con la mayor superficie cultivada de almendros del mundo, con más de 700.000 hectáreas, pero ocupa el tercer lugar en términos de producción. Esto se debe a que la mayor parte de las plantaciones se cultivan en secano, con bajo uso de insumos. Sin embargo, el atractivo precio de este fruto seco está cambiando este panorama en los últimos años. Según los datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, las plantaciones de almendro en regadío ocuparon 140.000 ha en 2020, un 300% más que en 2014. Estas nuevas plantaciones siguen los cánones productivos californianos, donde el riego y un manejo intensivo de la fertilización y productos fitosanitarios, hacen que los objetivos productivos estén por encima de 2.000 kg/ha de pepita de almendra, muy por encima de los rendimientos habituales en las plantaciones tradicionales en secano (300 kg/ha).

La mayor parte de las modernas plantaciones de almendro en nuestro país se encuentran en zonas donde existe un problema crónico de disponibilidad de agua para la agricultura, lo que ya en la actualidad obliga a muchos agricultores a adoptar estrategias de riego deficitario. Esta situación se ve exacerbada cuando varios años de sequía llevan a los orga-

nismos de regulación de los recursos hídricos a imponer recortes severos en el uso del agua para la agricultura. En el peor de los casos estos recortes pueden ser totales, tal y como ya ocurrió en el Valle del Guadalquivir durante la sequía de 1991-1995. Si bien el almendro ha sido considerado tradicionalmente como una especie tolerante a la sequía, algunos trabajos recientes realizados en California apuntan a que restricciones severas en las dotaciones de riego resultan en reducciones drásticas de la producción de las plantaciones, pudiendo persistir varias campañas incluso después del restablecimiento del riego normal. Las características propias de las plantaciones españolas, formadas por diferentes variedades, patrones y bajo unas condiciones edafoclimáticas diferentes a las de California, limitan la extrapolación de los re-



Los resultados más relevantes del experimento se encontraron no obstante al año siguiente de los recortes. En la primavera de 2018 se constató que el recorte total de riego impuesto en el tratamiento seco condujo a una mortalidad del 92% de los árboles experimentales (sólo sobrevivió un individuo).

sultados obtenidos en esos estudios. Como consecuencia, aún existe gran incertidumbre sobre las respuestas productivas de las modernas plantaciones españolas ante situaciones de recorte severo en las dotaciones de riego como las que podrían darse ante sequías persistentes como la actual. Este trabajo describe los resultados de un experimento (Moldero *et al.*, 2022) en el que se estudiaron los efectos a corto y largo plazo de restricciones en la disponibilidad de agua para riego, con el fin de obtener información valiosa para agricultores, empresas y organismos públicos implicados en la gestión del agua.

Desarrollo del experimento

El experimento se desarrolló en una plantación experimental de almendro localiza-



Koppert

Aliados con la Naturaleza



Soluciones biológicas para una agricultura 100% sostenible

Te presentamos el nuevo logo de Koppert, inspirado en la Naturaleza. Ahora, nuestra imagen refleja mejor que nunca nuestra misión: la protección vegetal, en la superficie y en el suelo. El mundo necesita una agricultura 100% sostenible. Koppert contribuye a este objetivo ofreciendo soluciones eficaces para el control biológico de plagas y enfermedades en la agricultura. Juntos ayudamos a mejorar la salud de las personas y del planeta.

koppert.es



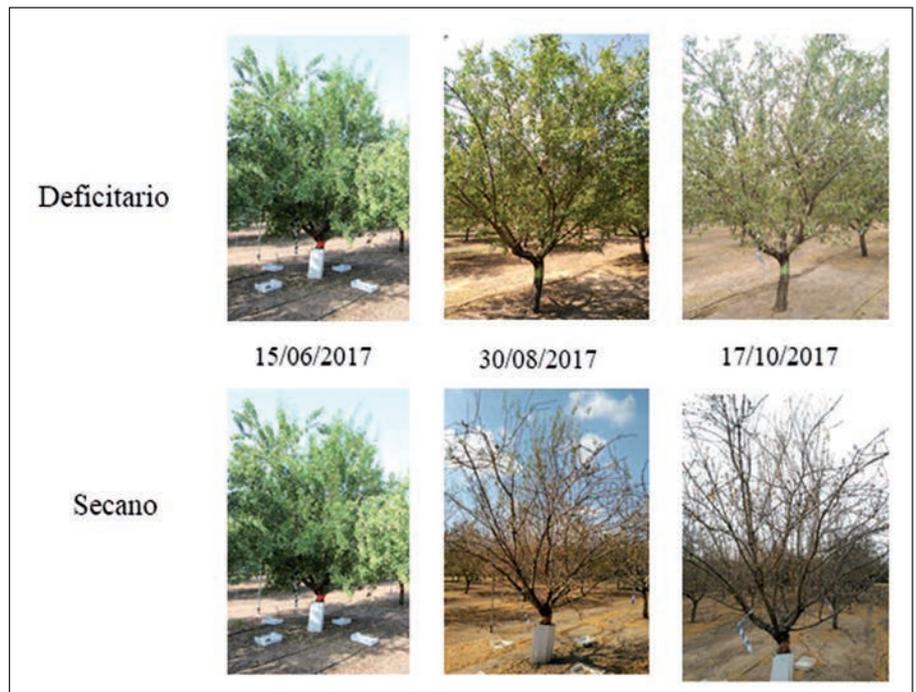
da en el Centro Ifapa - Alameda del Obispo (Córdoba) durante tres años (2017-2019). La plantación estaba formada por almendros de la variedad Guara sobre patrón GF-677 plantados en 2009 a un marco de 6 x 7 m. Estos árboles fueron regados para cubrir la totalidad de sus necesidades hídricas desde su plantación y en la fecha de inicio del experimento presentaban un porcentaje de cobertura superior al 60%. En el año 2017 se establecieron tres tratamientos de riego diferenciales incluyendo:

- 1) Un tratamiento control en el que se aplicó riego suficiente (764 mm) para satisfacer la evapotranspiración máxima.
- 2) Un tratamiento deficitario, donde se aplicó un riego del 25% del riego control.
- 3) Un tratamiento seco, en el que se suprimió el riego durante toda la campaña. Posteriormente, durante los años 2018 y 2019, se aplicó el riego necesario para satisfacer la evapotranspiración máxima del control en todos los tratamientos.

En el transcurso del experimento se monitorizó el estado hídrico de los árboles a través de medidas de potencial hídrico de tallo a mediodía, y se evaluó la ocurrencia de defoliación. Los árboles fueron manualmente cosechados por separado con el fin de obtener la producción (kg/ha de pepita) y sus componentes (número de almendras y peso unitario de las pepitas) en cada uno de los árboles. También se contabilizó el porcentaje de borregos, es decir, almendras con capota adherida.

Resultados obtenidos

Durante el año 2017 el estado hídrico de los árboles empeoró muy rápidamente en los tratamientos sometidos a recortes en el riego aportado, especialmente en el caso del seco. Además, a lo largo de la campaña se produjo una defoliación



Evolución visual de los árboles del tratamiento deficitario y seco a lo largo del año 2017.

parcial o total en los árboles bajo riego deficitario y en seco, respectivamente. Por otra parte, en ambos tratamientos, el estrés hídrico provocó reducciones significativas de la producción en relación con el control, lo que se asoció a un menor peso unitario de las almendras (**cuadro I**). Por el contrario, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos

en el número de frutos por árbol. Estos resultados indican que el número de almendras quedó determinado con anterioridad al desarrollo del estrés hídrico en los tratamientos sometidos a recortes de riego, mientras que dicho estrés produjo una disminución de la fotosíntesis que condujo a un menor llenado de la almendra y peso unitario final. Además, en los

CUADRO I. RENDIMIENTO EN PESO SECO Y COMPONENTES DEL RENDIMIENTO (PESO UNITARIO DE LA PEPITA Y NÚMERO DE FRUTOS POR ÁRBOL) PARA LOS TRES TRATAMIENTOS DE RIEGO A LO LARGO DEL EXPERIMENTO (2017, 2018, 2019).

Producción	Tratamiento	Año 2017	Año 2018	Año 2019
Rendimiento grano (kg/ha)	Control	2.244 a	2.430 a	2.318 a
	Deficitario	1.493 b	2.083 a	2.124 a
	Secano	1.440 b	*32	*1.303
Peso pepita (g/almendra)	Control	1,32 a	124 a	1,15 b
	Deficitario	0,88 b	1,18 a	1,29 a
	Secano	0,78 b	*0,76	*1,13
Frutos por árbol (almendras/árbol)	Control	7.220	8.430 a	8.499 a
	Deficitario	7.234	7.355 a	7.020 a
	Secano	7.786	*186	*4.852
Borregos (%)	Control	0 a	0	1
	Deficitario	74 b	0	1
	Secano	97 c	*0	*0

Los datos para los años 2018 y 2019 en el tratamiento seco, marcados con un asterisco, corresponden al único árbol superviviente.

Valores seguidos por una misma letra denotan ausencia de diferencias estadísticas entre tratamientos de acuerdo con el test LSD al 5% de significación.

tratamientos sometidos a recortes de riego se observó una peor calidad de la cosecha debido a un aumento en el porcentaje de borregos.

Los resultados más relevantes del experimento se encontraron, sin embargo, al año siguiente. En la primavera de 2018 se constató que el recorte total de riego impuesto en el tratamiento secano condujo a una mortalidad del 92% de los árboles experimentales (sólo sobrevivió un individuo). Este resultado contrasta con la presunta reputación del almendro como especie tolerante a la sequía, aún más considerando la alta capacidad de retención de agua del suelo donde se desarrolló el experimento. Los procesos que provocan la muerte de árboles por estrés hídrico son muy complejos, hasta el punto de que aún no están totalmente explicados por la ciencia. En nuestro ex-

“

Cabe recordar que cualquier estrategia que permita un desarrollo progresivo del estrés evitando picos de este tiene más visos de minimizar los impactos del recorte en las dotaciones de riego. La monitorización de indicadores del estado hídrico puede ser útil en la toma de decisiones cuando esto sea posible.

perimento, varios factores podrían contribuir a explicar la alta tasa de mortalidad observada. Entre ellos, la alta velocidad de entrada en estrés en el tratamiento secano pudo limitar el tiempo de aclimatación del árbol, dificultando el desarrollo de los mecanismos frente al estrés hídrico de los que dispone el almendro. En este sentido, el tratamiento deficitario, donde el estrés se desarrolló de forma más progresiva, no resultó en la muerte de ningún árbol.

Los datos de producción de las campañas siguientes a la de privación de riego evidenciaron un efecto de arrastre del estrés hídrico en el único árbol superviviente del tratamiento secano, a pesar de haber reestablecido el mismo suministro de agua que en el control. Así, la producción fue despreciable en 2018 y próxima al 50% de la obtenida en árboles control

Bioiberica

Equilibrium®

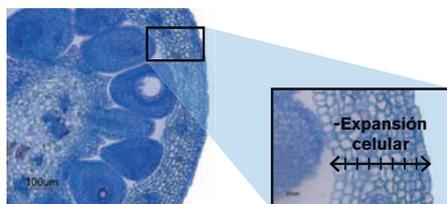
Bioestimulante de acción sinérgica para un cuajado equilibrado

- ✓ Mejor regulación fitohormonal de la planta.
- ✓ Optimización de los procesos de división celular y movilización de reservas.
- ✓ Mantiene su equilibrio fisiológico actuando en los órganos en crecimiento.
- ✓ Producto natural y ecológico.

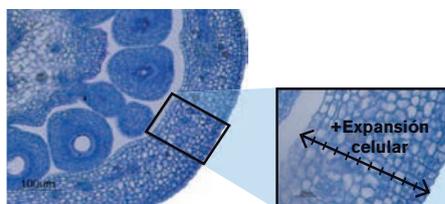


Ensayo histológico del fruto en desarrollo

Control (No tratado)



Equilibrium®



Los frutos en desarrollo tratados con **Equilibrium®** muestran mayor grosor debido a la mayor expansión celular¹.

¹: Secciones transversales de ovarios procedentes de flores AD+3 Control y Equilibrium, y detalles de la morfología del pericarpio. Fuente: R. Lozano, "Estudio agronómico y genético del efecto promotor de Equilibrium® sobre el cuajado y desarrollo del fruto de tomate (Variedad RAF)", Universidad de Almería (2017).



Síntomas de estrés hídrico severo observados en árboles del tratamiento secano (bajo supresión total de riego) el 28 de junio de 2017.

en 2019 (**cuadro I**). Estas caídas en la producción estuvieron fundamentalmente asociadas a un menor número de frutos, probablemente resultado de la muerte prematura de estructuras florales. Por su parte, el tratamiento deficitario también exhibió valores de producción más bajos que el control, si bien en este caso las diferencias no resultaron estadísticamente significativas.

Las producciones promedio de los tres años del experimento para cada tratamiento se compararon con las respuestas productivas reportadas en otro estudio en la misma finca, en el que se aplicaron tratamientos de riego diferenciales de manera sostenida durante varias campañas (Moldero *et al.* 2021). La comparación mostró que la concentración del déficit en

una temporada produce una peor producción promedio que la obtenida cuando este mismo déficit se reparte homogéneamente entre varias temporadas. Este resultado sugiere que garantizar un suministro mínimo de riego durante los años de restricciones severas puede ser más beneficioso para los agricultores que incrementar su dotación media.

Estrategias de riego ante recortes severos por sequía

Nuestros resultados experimentales demuestran que la sostenibilidad de las modernas plantaciones españolas de almendro con elevado suministro de agua puede verse amenazada ante recortes severos en el riego. La puesta en marcha

de este tipo de plantaciones requiere de grandes inversiones, de modo que la imposición de restricciones en situaciones de sequía supone un riesgo real de pérdidas económicas devastadoras para los agricultores. En consecuencia, parece necesario que tanto las Confederaciones Hidrográficas como la comunidad agrícola comiencen a plantearse planes de contingencia que eviten la pérdida de plantaciones y/o limiten su capacidad productiva durante varios años. El desarrollo de estos planes se beneficiaría de la realización de nuevos estudios que cuantifiquen las cantidades mínimas de riego y su distribución temporal para evitar daños irreversibles o duraderos bajo diferentes condiciones de cultivo, variedades y patrones. Entre tanto, algunas recomendacio-



Vista de la parcela experimental durante la floración.

nes y consideraciones generales para minimizar los posibles impactos ante un escenario de recorte severo del riego incluyen:

- Eliminación temprana de la cubierta vegetal para evitar pérdidas debidas a su transpiración.
- Retraso del inicio del riego para reducir el crecimiento vegetativo en primavera, lo que reduciría la transpiración de los árboles y permitiría aumentar la disponibilidad de riego en fases posteriores, incluida postcosecha.
- Disminución de la fertilización nitrógeno-

nada, de nuevo con el fin de evitar un excesivo crecimiento vegetativo en primavera que reduzca la disponibilidad de agua en fases posteriores.

- Reducción de las pérdidas por evaporación concentrando el agua aplicada en un menor número de riegos.
- La poda severa es otra alternativa presente en el imaginario de los agricultores cuando se ha de enfrentar una situación de escasez hídrica en cultivos permanentes, pero en la práctica su efectividad puede ser baja. Por un lado, existen abundantes eviden-

cias que demuestran que la poda puede inducir un efecto rebote al promover un mayor crecimiento vegetativo que aumente la transpiración de los árboles. Por otro, las podas severas pueden resultar en una eliminación de las estructuras reproductivas del árbol comparable a la ocasionada por estrés hídrico agudo.

Para finalizar, cabe recordar de nuevo que cualquier estrategia que permita un desarrollo progresivo del estrés evitando picos de este tiene más visos de minimizar los impactos del recorte en las dotaciones de riego. La monitorización de indicadores del estado hídrico puede ser útil en la toma de decisiones cuando esto sea posible. En cualquier caso, las estrategias siempre deben adaptarse a las características propias de la plantación y tener en cuenta las consideraciones anteriores. ■

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MCIU) a través del proyecto AGL2015-66141-R y cofinanciado por el MCIU (PCI2019-103621) y fondos de la Unión Europea (PRAVA.AVA2019.051).

BIBLIOGRAFÍA

Moldero D, López-Bernal Á, Testi L, et al. (2021) Long-term almond yield response to deficit irrigation. *Irrig. Sci.* 39:409-420. <https://doi.org/10.1007/s00271-021-00720-8>

Moldero D, López-Bernal Á, Testi L, et al. (2022). Almond responses to a single season of severe irrigation water restrictions. *Irrig. Sci.* 40, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s00271-021-00750-2>


Hernandorena

Producimos tu plantón
Elige tu formato

I+D en sistemas
de producción

www.hernandorena.com



C14: 1,5 L

C11: 1 L **NOVEDAD HD**

Estriada Sansan



RAÍZ DESNUDA