

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/361024405>

Efectos del cambio climático en frutales de hueso

Article in *Agricultura* · June 2022

CITATIONS

0

READS

33

1 author:



Javier Rodrigo

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón

136 PUBLICATIONS 1,642 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Adaptación al cambio climático mediante la selección de variedades frutales adaptadas a inviernos menos fríos [View project](#)



Pollination in apricot [View project](#)

Efectos del cambio climático en frutales de hueso

Los factores meteorológicos condicionan el desarrollo de la yema, flor y fruto durante el proceso reproductivo, en algunos casos favoreciéndolo y en otros casos dificultándolo. El aumento de temperaturas provocado por el cambio climático puede afectar al desarrollo de yemas, flores y frutos, y provocar falta de cosecha.

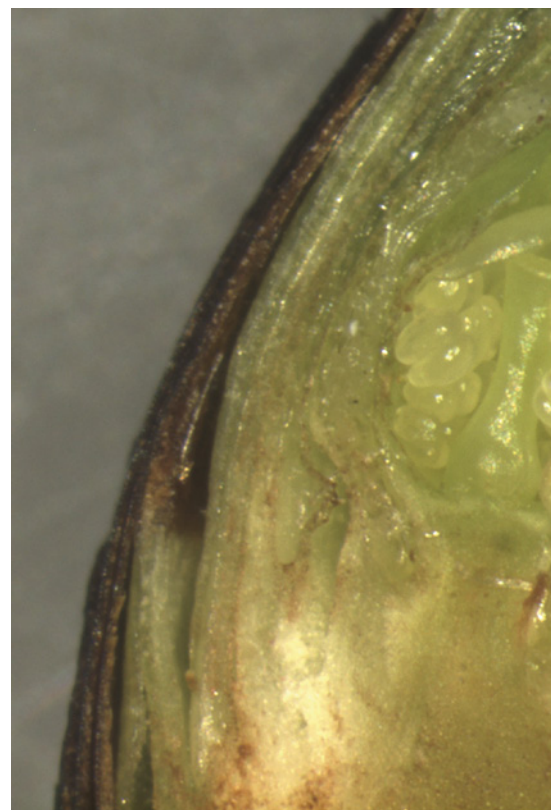
Javier Rodrigo

Unidad de Ciencia Vegetal, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA)
Instituto Agroalimentario de Aragón-IA2 (CITA-Universidad de Zaragoza)

En nuestras condiciones, el desarrollo de la flor en los frutales de hueso comienza en el verano del año anterior, coincidiendo el inicio de la diferenciación floral con la maduración del fruto en muchas ocasiones. Las yemas florales entran en la fase de reposo en invierno, con todas las partes de la flor ya diferenciadas en su interior, y una vez que se han cubierto las necesidades de frío, con la llegada de las temperaturas cálidas, con el desborre comienza una fase de crecimiento muy activo que culmina con la apertura de la flor. Tras la polinización y fecundación de la flor, se inicia el desarrollo del fruto que puede durar entre seis semanas en las variedades más tempranas de cere-

zo y siete meses en las variedades más tardías de melocotonero. Por tanto, el proceso reproductivo entre la iniciación floral y la maduración se desarrolla entre 10 y 14 meses, dependiendo de especies y variedades.

Los bajos cuajados generalmente se atribuyen a factores ambientales adversos. Sin embargo, a menudo es difícil determinar los eventos específicos que causan las cosechas irregulares. En este artículo se examina el ciclo reproductivo de los frutales de hueso, desde el inicio de la diferenciación floral hasta el cuajado y desarrollo del fruto, prestando atención a los pasos críticos que pueden provocar una caída prematura de yemas, flores y frutos y repercutir negativamente en



la cosecha. Para ello, se examinan los factores meteorológicos que pueden afectar negativamente a la cosecha, especialmente aquellos que pueden aumentar por el cambio climático.

Diferenciación floral

El corto periodo de floración de los frutales de hueso contrasta con el largo proceso previo de desarrollo de la flor, que puede durar más de ocho meses, desde mediados del verano del año anterior hasta la apertura de la flor en la primavera siguiente.

La fase previa a la diferenciación floral es la inducción floral, un proceso mediante el cual estímulos externos a la yema inducen la formación de primordios florales, que coincide con la última etapa de desarrollo del fruto del año anterior. El momento de la inducción floral depende de la especie y variedad, así como de la condición fisiológica del árbol. La diferenciación floral comienza inmediatamente después de la inducción floral, en una fase de crecimiento muy activo, y ocurre en el verano y el principio del otoño, hasta que las yemas entran en el reposo invernal con los

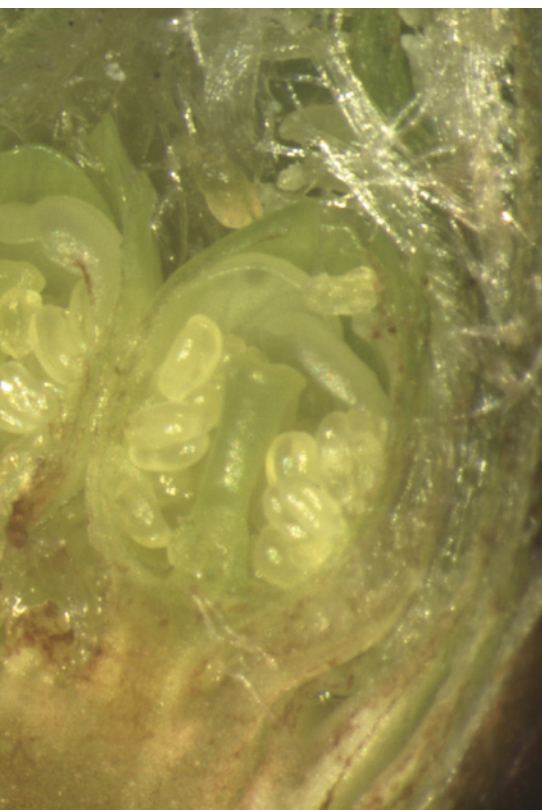


Foto 1
Yema de flor de cerezo mostrando dos primordios florales en su interior con los verticilos (pétalos, sépalos, pistilo y estambres) diferenciados antes del reposo invernal.



Foto 2
Anormalidades florales en cerezo: falsos pistilos y falsos pétalos en el extremo de los estambres

verticilos de la flor (pétalos, sépalos, pistilo y estambres) ya diferenciados (Fadón *et al.*, 2018) (**Foto 1**).

El aumento de temperaturas durante el inicio de la diferenciación floral puede provocar anomalías en las flores. Una de las más comunes es la formación de pistilos dobles, que dan lugar a fruta sin valor comercial, especialmente en algunas variedades de cerezo. Otras anomalías florales relacionadas con temperaturas altas en esta fase de diferenciación floral es la formación de falsos pistilos o falsos pétalos en el extremo de los estambres, en lugar de anteras (**Foto 2**).

Desarrollo floral y reposo

Durante el invierno, los frutales de zona templada entran en un estado de reposo en que los primordios florales detienen su crecimiento y quedan protegidos en el interior de las yemas. El reposo invernal es una estrategia evolutiva que permite a las yemas florales y los árboles en general sobrevivir a temperaturas muy bajas. Sin embargo, también es necesario que las yemas pasen suficiente cantidad de frío invernal para que se produzca una flo-

Las temperaturas altas durante la diferenciación floral en el verano anterior pueden provocar malformaciones en las flores

ración normal durante la primavera. Las necesidades de frío están determinadas genéticamente y por tanto son específicas de cada variedad, lo que condiciona la adaptación de cada variedad a las diferentes zonas de cultivo. Una vez que se han cubierto las necesidades de frío, para que se produzca el desborre y se inicie la floración, el árbol necesita pasar un periodo de temperaturas cálidas, lo que se conoce como las necesidades de calor, que también son específicas de cada variedad. Las necesidades de frío y de calor de cada variedad determinan su época de floración (Fadón *et al.*, 2020). El aumento de las temperaturas provocado por el cambio climático está causando falta de frío invernal en determinados

años y zonas. Cuando un árbol no cubre sus necesidades de frío, la floración no se produce con normalidad: se reduce el número de flores y el periodo de floración se alarga. Muchas de estas flores son estériles y no cuajan, por lo que el impacto en la cosecha puede ser muy grande. En casos extremos, se produce la caída de las yemas florales antes del desborre, por lo que no llegan a abrirse las flores.

Otro factor adverso en esta fase son las heladas cuando las yemas han cubierto sus necesidades de frío, ya que a partir de entonces su resistencia al frío disminuye, aunque las yemas permanezcan cerradas (Julián *et al.*, 2007). En algunos casos, las yemas afectadas por heladas

detienen su crecimiento, aunque permanezcan en el árbol, y no se produce la floración. En otros casos, aunque el pistilo esté dañado la yema desborra y florece con aparente normalidad, aunque se puede observar un pistilo muy pequeño negro, como consecuencia de la helada sufrida con anterioridad, por lo que esas flores no pueden cuajar. Las altas temperaturas tras el desborre, pero antes de floración, también pueden afectar negativamente al desarrollo de la flor, acelerando el desarrollo de pétalos, sépalos y estambres, por lo que la flor también se abre con aparente normalidad, pero con un pistilo de tamaño muy reducido, cuyo desarrollo no se completa y por tanto no cuaja (Rodrigo y Herrero, 2002).

Floración y polinización

La floración ocurre varias semanas después del desborre, dependiendo de la variedad y la meteorología. En frutales de hueso, la flor presenta un pistilo rodeado de numerosos estambres, rodeados a su vez por cinco pétalos y cinco sépalos. Durante la polinización, los insectos polinizadores transportan los granos de polen desde los estambres hasta el estigma (**Foto 3**), donde germinan, emitiendo cada grano de polen un tubo polínico que crece a lo largo del pistilo. Es necesario que los tubos polínicos lleguen al ovario y fecunden al menos uno de los dos óvulos que se encuentran en su interior, ya que en las especies frutales de hueso no se produce partenocarpia y

por tanto no se pueden producir frutos de flores no fecundadas. La duración de la fase comprendida entre la polinización y la fecundación puede variar entre especies y variedades desde pocos días a varias semanas.

Las temperaturas altas durante la floración pueden provocar una disminución del porcentaje de cuajado por varias razones. Por un lado, se acorta el periodo de receptividad estigmática, reduciendo el número de días que las flores son capaces de ser polinizadas con éxito y disminuyendo así las posibilidades de ser fecundadas. Además, un aumento de temperaturas en esta fase puede acelerar la degeneración de los óvulos y dificultar la llegada de los tubos al ovario, impidiendo que se produzca la fecundación (Hedhly *et al.*, 2007).

En ocasiones, la disminución del frío invernal permite cubrir las necesidades de frío de la variedad, pero en un periodo más largo de tiempo, lo que afecta a la época de floración. En las variedades más exigentes en frío, puede suponer un retraso de varios días o semanas en la floración, mientras que en las variedades menos exigentes la floración se puede acelerar. En el cultivo de variedades autoincompatibles que necesitan polinización cruzada, estas variaciones en el periodo de floración pueden provocar falta de coincidencia entre las variedades polinizadoras y las variedades a polinizar (**Foto 4**), lo que puede causar falta de cuajado, incluso en plantaciones que han producido con regularidad en años previos. Las nuevas condiciones climáticas están provocando que, a la hora de elegir variedades polinizadoras para polinizar variedades autoincompatibles, además de ser compatibles y coincidir en floración en años normales, también sea necesario buscar variedades con necesidades de frío similares (Herrera *et al.*, 2021).

Cuajado y desarrollo de fruto

Después de la fecundación comienza el desarrollo del fruto. Incluso en condiciones favorables, la mayoría de las

La falta de frío invernal puede provocar problemas en la floración, desde su retraso o adelanto hasta malformaciones y esterilidad de las flores



Foto 3
Abejorro polinizando flores de cerezo

flores se desprenden del árbol y solo un reducido número de flores polinizadas se transforman en fruto. El porcentaje de cuajado varía entre especies y variedades; un 5% puede ser suficiente para una cosecha rentable en variedades de ciruelo japonés, mientras en otras especies con menor número de flores puede ser necesario porcentajes superiores a 30-40% (Guerra y Rodrigo, 2015). En la mayoría de las variedades, la caída de flores y frutos en desarrollo se produce en las cuatro semanas posteriores a la floración, y a continuación tiene lugar una fase intensa de desarrollo de los frutos que permanecen en el árbol. Las condiciones meteorológicas pueden afectar al fruto durante su desarrollo y provocar su caída. El cambio climático no solo está provocando un aumento de temperaturas, también está causando un aumento significativo de eventos meteorológicos extremos, como heladas fuera de las fechas habituales y olas de calor. Temperaturas muy bajas pueden dañar

El aumento de temperaturas en floración puede acortar la receptividad de las flores y reducir su capacidad de cuajado

frutos ya cuajados, como las heladas que tuvieron lugar a principios de abril de 2022 que han echado a perder la cosecha en muchas plantaciones de zonas como el Valle del Ebro, o la helada que tuvo lugar en Francia en abril de 2021, que fue considerada la mayor catástrofe agrícola de principios del XXI.

Por otro lado, las olas de calor con temperaturas muy altas durante el crecimiento del fruto pueden provocar una caída de frutos en un estado avanzado de desarrollo, posterior al establecimien-

to del cuajado, lo que puede suponer una considerable reducción de la cosecha. Temperaturas altas pueden afectar también a la firmeza del fruto, disminuyendo su calidad y depreciándolo.

Perspectivas

Los efectos del cambio climático ya se están haciendo notar en el cultivo de fruta de hueso. El aumento generalizado de temperaturas puede afectar a todo el ciclo reproductivo, desde la



 **Julietta**[®]

Saccharomyces cerevisiae

CEPA - LAS02

Nº Reg Fitosanitario ES - 01080

PROTECCIÓN NATURAL CONTRA MONILIA

- **Cicatriza** los daños en tallos y **frutos**
- **Alarga** la **vida** post cosecha de los **frutos**
- **Sin residuos** en el cultivo





Foto 4
Falta de sincronía en floración de dos variedades de ciruelo

inducción y diferenciación floral hasta la maduración del fruto, pasando por el reposo invernal y la floración. Desde la época preindustrial, las temperaturas ya han aumentado una media 1,3 °C a nivel mundial, aunque existen grandes diferencias entre zonas geográficas y épocas del año. España forma parte de las zonas de mayor impacto, con un aumento estimado de 1,8 °C hasta 2020. Las predicciones señalan un aumento de temperaturas durante el siglo XXI entre 3°C del escenario más favorable (si se consigue la emisión 0 para 2080) y 7 °C en el escenario más desfavorable (si se continúa con el incremento actual de emisiones) (Berkeleyearth, 2022). Se estima que cada décima de aumento de la temperatura media provocará un mayor número de eventos extremos adversos, como heladas en primavera, olas de calor o lluvias torrenciales.

Los efectos de estos eventos extremos pueden afectar a cualquier fase del ciclo del árbol y repercutir en la cosecha. Otros factores como la falta de agua y el cambio de ciclo de enfermedades y plagas pueden limitar la fruticultura del futuro en determinadas zonas. Pero el efecto más generalizado, que ya condiciona en muchas ocasiones el cultivo de fruta de hueso en nuestras condiciones, es la disminución de frío invernal. Las necesidades de frío son el principal condicionante que regula la adaptación de especies y variedades a cada zona de

cultivo. El menor frío invernal puede ocasionar que algunas variedades que se han cultivado con éxito en determinadas zonas presenten problemas productivos y acaben ocasionando falta de rentabilidad en las plantaciones. Esta situación puede precipitar la sustitución de las variedades más exigentes en frío por otras de menores exigencias. Aunque cada zona presenta una problemática específica, es previsible que esta situación sea cada vez más generalizada. Todas las previsiones apuntan a una disminución de frío invernal en las zonas templadas del planeta, aunque esta disminución no será homogénea, con mucha variabilidad entre años y zonas de cultivo (Berkeley Earth, 2022). Las proyecciones realizadas para España también muestran una reducción significativa de frío a lo largo del siglo XXI (Rodríguez *et al.*, 2019). Esta problemática se acrecienta con la expansión de algunas variedades a zonas más cálidas para obtener fruta más temprana, lo que en muchas ocasiones resulta en cuajados erráticos y grandes diferencias de cosecha de un año a otro. Esta situación tiene el problema añadido de que se desconocen las necesidades de frío de la mayoría de las variedades disponibles en la actualidad, por lo que es necesario seguir investigando el proceso de reposo para permitir determinar con seguridad las necesidades agroclimáticas de las variedades y poder predecir en qué zonas se pueden adaptar con éxito.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Agencia Estatal de Investigación MCIN/AEI/10.13039/ 501100011033 (proyectos PCI2020-111966 y PID2020-115473RR-I00), y el Gobierno de Aragón – Fondo Social Europeo, “El FSE invierte en tu futuro” [Grupo Consolidado A12-17R].

Bibliografía

- Berkeley Earth, 2022. <http://berkeley-earth.org/>
- Fadón, E., Rodrigo J., Herrero M. (2018). Is there a specific stage to rest? Flower bud development and winter dormancy in sweet cherry (*Prunus avium* L.) *Trees - Structure and Function* 32: 1583-1594.
- Fadón E., Herrera S., Guerrero B. I., Guerra M. E., Rodrigo J. (2020). Chilling and heat requirements of temperate stone fruit trees (*Prunus* sp.). *Agroonomy* 2020, 10, 409.
- Guerra M.E., Rodrigo J. (2015). Japanese plum pollination: A review. *Scientia Horticulturae*, 197: 674-686.
- Hedhly A, Hormaza JI, Herrero M (2007). Warm temperatures at bloom reduce fruit set in sweet cherry. *Journal of Applied Botany and Food Quality* 81, 158 – 16
- Herrera S., Lora, J. Hormaza J.I., Rodrigo J. (2021) Pollination management in stone fruit crops. In: *Production Technology of Stone Fruits*, edited by Mohammad Maqbool Mir, Umar Iqbal, Shabir Ahmad Mir. Springer, Singapore, ISBN 978-981-15-8919-5.
- Julian, C. Herrero, M. y Rodrigo, J. 2007. Flower bud drop and pre-blossom frost damage in apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 81: 21- 25.
- Rodrigo, J. y Herrero, M. 2002. Effects of pre-blossom temperatures on flower development and fruit set in apricot (*Prunus armeniaca* L.) *Scientia Horticulturae*, 92: 125-132.
- Rodríguez, A., Pérez-López, D., Sánchez, E., Centeno, A., Gómara, I., Dosio, A., Ruiz-Ramos, M. (2019) Chilling accumulation in fruit trees in Spain under climate change. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 19(5), 1087-1103.