

Figura 1. Cerezos durante el invierno.

La actividad de las yemas de cerezo durante el reposo

**Erica Fadón y
Javier Rodrigo**

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

En este trabajo se analizan los cambios en el interior de las yemas florales durante el reposo y se relacionan con la acumulación de frío invernal. A pesar de la aparente inactividad del árbol y que no hay cambios externos, las yemas están fisiológicamente activas durante el invierno, acumulando almidón en las células de los primordios florales hasta que se cumplen las necesidades de frío. Esto proporciona una base biológica para entender los mecanismos que regulan el reposo y la necesidad de acumular frío invernal para florecer con normalidad.

El cerezo es uno de los frutales más importantes a nivel nacional, con una producción media cercana a las 100.000 t en más de 26.000 ha. El cultivo se localiza principalmente en Aragón (8.000 ha y 38.000 t) y Extremadura (7.500 ha y 26.000 t). Otras

CCAA productoras son Cataluña (2.700 ha y 8.000 t), Andalucía (2.200 ha y 6.200 t) y Comunidad Valenciana (2.900 ha y 5.900 t) (MAPAMA, 2018). España e Italia son los países productores más importantes en Europa, produciendo entre los dos paí-

ses cerca del 40% de la producción de la Unión Europea. España exporta cerca del 25% de la producción, unas 25.000 t, en su mayoría a países de la UE (FAOSTAT, 2018). Su cultivo resulta de interés en muchas zonas por ser de las pocas frutas cuyo consumo

nacional no disminuye, se pueden alcanzar buenos precios para la fruta de calidad y se podría aumentar la producción destinada a exportación. La disminución del frío invernal está produciendo problemas de producción en algunas zonas de cultivo, especialmente desde la prohibición del uso de la cianamida de hidrógeno (Dormex). Esta situación está provocando la búsqueda de variedades menos exigentes en frío invernal, que además puedan cultivarse en zonas más cálidas, con el objetivo adicional de tener cosechas más tempranas. El reposo invernal está teniendo cada vez más incidencia en el cultivo del cerezo. Sin embargo, pese a su importancia, se trata de un proceso en el que todavía hay muchos aspectos desconocidos.

El reposo invernal

Durante el invierno, el cerezo, como otros frutales de zona templada, entra en un estado de reposo (Figura 1) en que los meristemos detienen su crecimiento y quedan protegidos en el interior de las yemas (Fadón y col., 2015). Esto permite que las yemas y los árboles en general sobrevivan a las bajas temperaturas. Sin embargo, también es necesario que los árboles pasen suficiente frío invernal para que se produzca la floración durante la primavera con la llegada de temperaturas más altas. Las necesidades de frío están determinadas genéticamente, existiendo variedades más o menos exigentes, lo que condiciona la adaptación de cada variedad a las diferentes zonas geográficas.

En este trabajo se ha seguido el desarrollo de las yemas florales desde antes de la caída de la hoja hasta la floración, analizando los cambios que se producen en el desarrollo de flores y yemas durante este periodo y relacionándolos con las necesidades de frío en dos variedades de cerezo: Burlat, variedad tradicional de maduración temprana muy cultivada en Europa, y Bing, una de las variedades más comunes en Estados Unidos. Para caracterizar el proceso de desarrollo de las yemas de flor y analizar lo que ocurre en el interior de los primordios florales, se analizaron muestras de yemas y flores semanalmente hasta la floración. Para relacionar los cambios con la acumulación de frío invernal, también

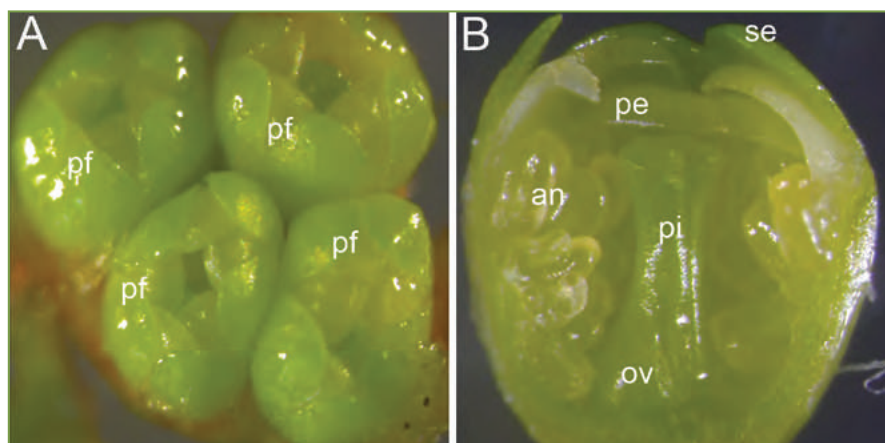


Figura 2. Interior de la yema durante el invierno. (A) Cuatro primordios florales (pf) y (B) disección de un primordio floral, distinguiéndose los sépalos (se), pétalos (pe), anteras (an) y pistilo (pi) con el ovario en la parte inferior (ov).

se determinaron las necesidades de frío de las dos variedades.

Necesidades de frío

Las necesidades de frío de cada variedad se calcularon determinando en primer lugar en qué momento del invierno las yemas recobraron la capacidad de crecer y, a continuación, cuantificando el frío acumulado hasta ese día. Para ello, a lo largo del invierno, cada semana se colocaron varetas en una cámara de crecimiento con condiciones controladas de temperatura y fotoperiodo adecuadas para el crecimiento ($22 \pm 1^\circ\text{C}$ y 12 h de fotoperiodo) (Fadón y Rodrigo, 2018b). Tras una semana en esas condiciones, se evaluó el crecimiento de las yemas, considerando que se había superado el reposo cuando el incremento de peso fue de al menos un 30%.

Para cuantificar el frío acumulado hasta entonces, se utilizó el modelo UTAH, que se basa en el uso de "Unidades Frío (UF)". Este modelo propone la asignación de un valor más o menos eficiente de acumulación de frío a cada intervalo de temperaturas. Así, una hora a temperaturas entre $2,5^\circ\text{C}$ y $9,1^\circ\text{C}$ equivale a 1 UF; una hora en los intervalos $1,5^\circ\text{C}$ - $2,4^\circ\text{C}$ o $9,2^\circ\text{C}$ - $12,4^\circ\text{C}$ equivale a 0,5 UF; por debajo de $1,4^\circ\text{C}$ y por encima de $12,5^\circ\text{C}$ no se considera acumulación de frío (0 UF), y por encima de 16°C tiene un efecto negativo sobre la acumulación de frío ($-0,5$ UF entre 16°C y 18°C ; -1 UF por encima de 18°C) (Richardson y col., 1974). Se determinó que la va-

riedad Burlat presenta unas necesidades de frío de $(981 \pm 83$ UF) y la variedad Bing (1082 ± 27 UF).

El desarrollo de la flor a lo largo de las estaciones

La observación periódica a la lupa de las yemas florales diseccionadas permitió caracterizar el desarrollo floral de las dos variedades a lo largo de las estaciones. La diferenciación floral tuvo lugar durante el verano y el otoño, cuando se comenzaron a distinguir entre uno y cinco primordios florales en el interior de cada yema (Figura 2A). En cada primordio floral, las distintas estructuras florales se fueron diferenciando y desarrollando a lo largo del otoño, hasta alcanzar antes del reposo un estado de diferenciación en el que son distinguibles tanto los sépalos y los pétalos como los estambres y el pistilo (Figura 2 B) (Fadón, Rodrigo, y col., 2018). Este estado de desarrollo se conservó durante todo el invierno hasta el desborre de las yemas en primavera.

Estas observaciones se llevaron a cabo durante dos años con diferentes condiciones climáticas. Mientras que durante el primer año las necesidades de frío se cubrieron la última semana de diciembre para Burlat y una semana más tarde, a principios de enero, para Bing, el invierno del segundo año fue más suave y las necesidades de frío se cumplieron entre 20–25 días más tarde. En ningún caso se observaron cambios en el desarrollo floral durante esas fe-

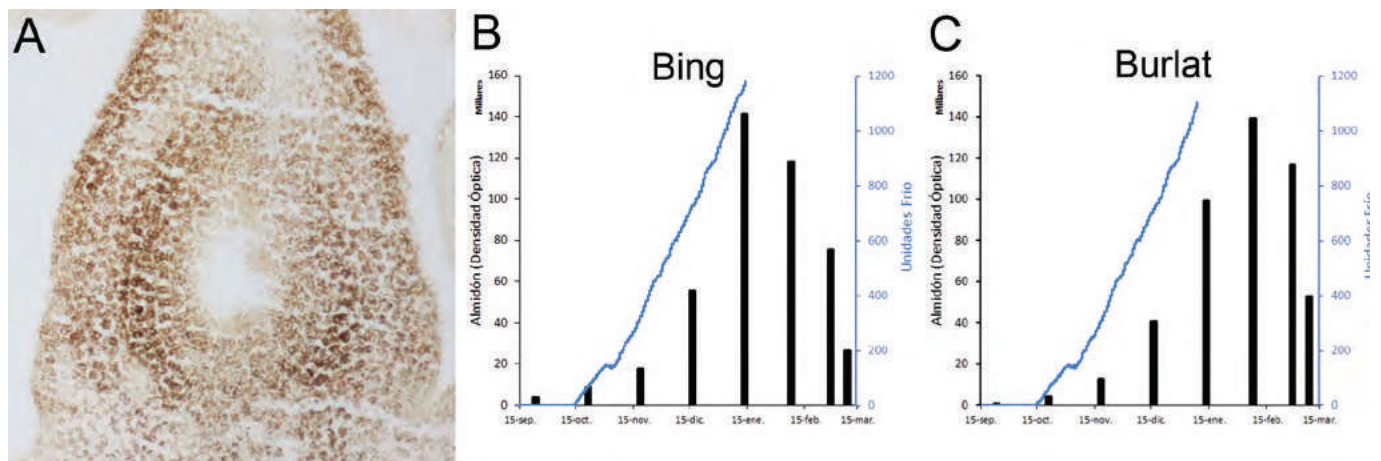


Figura 3. Almidón en el ovario. (A) Sección del primordio del ovario teñido con IKI para ver el almidón, (B) gráfico de cuantificación del almidón junto con la acumulación de frío para la variedad Bing y (C) para la variedad Burlat.

chas que se pudiera relacionar con el cumplimiento de las horas frío y la superación del reposo. Con el objetivo de encontrar algún cambio relacionado con la acumulación de frío, se observó el desarrollo de los primordios florales al microscopio.

Acumulación de almidón en los primordios florales

En trabajos previos, se ha determinado que el crecimiento de la flor en primavera y el inicio de desarrollo del fruto están relacionados con cambios en el contenido de almidón de las estructuras florales. Sin embargo, se desconoce cuál es el papel del almidón, principal sustancia de reserva de las plantas, en las yemas durante reposo. En este trabajo se realizó el seguimiento del contenido de almidón de los primordios florales a lo largo del invierno. Para ello, se muestrearon yemas semanalmente durante el invierno y se incluyeron en parafina para poder ser cortadas a 10 μm de grosor para su observación al microscopio (Figura 3A). El contenido de almidón de cada primordio floral se cuantificó mediante análisis de imagen, lo que permitió caracterizar los ciclos de acumulación y desaparición de almidón desde antes del reposo (Fadón y Rodrigo 2018a). A finales del otoño, cuando comenzó a acumularse el frío, única-

mente se observaron trazas de almidón en las células del ovario. Durante el mes de noviembre, se comenzó a acumular una cantidad apreciable de almidón, y durante finales de enero o principios de febrero, se alcanzó el máximo contenido de almidón. Posteriormente, el almidón se fue consumiendo progresivamente hasta el desborre en la primavera. Al comparar esta dinámica de acumulación de almidón con la acumulación de frío, se observó que ambos fenómenos estaban correlacionados. Tanto el almidón como las unidades de frío se acumularon siguiendo el mismo patrón en las dos variedades, Bing (Figura 3B) y Burlat (Figura 3C). El contenido máximo de almidón coincidió con el cumplimiento de las necesidades de frío.

Conclusiones

A pesar de la aparente inactividad que presentan los árboles durante el invierno, las yemas florales están fisiológicamente activas y acumulan almidón en las células del ovario. Aunque todavía queda por elucidar cuál es la función del almidón acumulado en el ovario durante el invierno, está claro que juega un claro papel en el desarrollo floral y el proceso reproductivo posterior, y está ligado a la necesidad de pasar frío invernal para florecer. Estos resulta-

dos proporcionan una base biológica para comprender el reposo y puede permitir determinar las necesidades de frío con mayor precisión en el futuro.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades - Fondo Europeo de Desarrollo Regional, Unión Europea [Beca BES- 2010-037992 para E. F.]; Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria [proyectos RFP2015-00015-00, RTA2014-00085-00, RTA2017-00003-00]; y Gobierno de Aragón - Fondo Social Europeo, European Union [Grupo Consolidado A12-17R].

Abstract

In this study, changes into the developing flower buds during winter dormancy are analyzed and related to chilling accumulation. In spite of the apparent inactivity of the tree and the lack of external changes, the buds are physiologically active during the winter, accumulating starch in the cells of the floral primordia until the chilling requirements are fulfilled. This provides a basis to understand the biological mechanisms that regulate dormancy and the need for chilling accumulation during winter to flower in spring.

Bibliografía

- ! Fadón, E., Herrero, M., Rodrigo, J. 2018. Dormant flower buds actively accumulate starch over winter in sweet cherry. *Frontiers in plant science* 9, 171.
- Fadón, E., Herrero, M., Rodrigo, J. 2015. Flower development in sweet cherry framed in the BBCH scale. *Scientia Horticulturae* 192, 141–147.
- Fadón, E., Rodrigo, J. 2018a. Combining Histochemical Staining and Image Analysis to Quantify Starch in the Ovary Primordia of Sweet Cherry During Winter Dormancy. *Journal of Visualized Experiments (En prensa)*.
- Fadón, E., Rodrigo, J. 2018b. Unveiling winter dormancy through empirical experiments. *Environmental and Experimental Botany* 152, 28–36.
- Fadón, E., Rodrigo, J., Herrero, M. 2018. Is there a specific stage to rest? Morphological changes in flower primordia in relation to endodormancy in sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Trees - Structure and Function (En prensa)*.
- Faostat 2018. www.fao.org/faostat/en/#home
- MAPAMA 2018. Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación. www.mapama.gob.es
- Richardson, E.A., Seeley, S.D., Walker, D.R. 1974. A model for estimating the completion of rest for “Redhaven” and “Elberta” peach trees. *HortScience* 9, 331–332.

Combate a los insectos y ácaros de la manera más natural

Las piretrinas naturales son insecticidas y acaricidas con una rápida acción de contacto, un amplio espectro y sin residuos.

KENPHYR es un **producto totalmente natural**, obtenido de flores secas de Pelitre (*Crysanthemum cinerariifolium*), con una riqueza de un 4% DE PIRETRINAS y formulado con una **base de aceites vegetales**, principalmente aceite de soja, **que incrementan su actividad insecticida**.

Se recomienda su utilización para el control de mosca blanca trips, pulgones, cochinillas, orugas, escarabajos, hormigas y ácaros **en horticolas y ornamentales**.

Apto para cultivo ecológico



INSCRITO EN EL REGISTRO OFICIAL DE PRODUCTOS Y MATERIAL FITOSANITARIO CON EL N° 25.297/19

EXTRACTO DE PELITRE

KENPHYR

PIRETRINAS NATURALES

Autorizado para su uso en agricultura biodinámica

Autorizado contra insectos vectores de *Xylella fastidiosa* en almendro y viña, en la Comunidad Valenciana y Baleares

C/ Jaime I, 8
Polígono Industrial del Mediterráneo - 46560 Massalfassar (Valencia)
Tel.: 961 417 069 | Fax: 961 401 059
e-mail: biagro@biagro.es
www.biagro.es



BIAGRO

Bioestimulantes Agrícolas que respetan la naturaleza