

FENOLOGÍA DE FRUTALES Y ADAPTACIÓN A CLIMAS CAMBIANTES

¹ Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Moncada, Valencia.

² Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA). La Alberca, Murcia.

³ Cooperativa Agrícola Nuestra Señora del Oreto (CANSO). L'Alcúdia, Valencia.

Fenología como herramienta de adaptación al medio

La fenología estudia los fenómenos biológicos cíclicos de una especie que se asientan o relacionan con los cambios ambientales estacionales; por ejemplo la brotación, floración y maduración de la fruta si se trata de un frutal. La fenología es extremadamente importante en los cultivos para que el agricultor pueda planificar con tiempo los trabajos y tratamientos, pero también establece las reglas de la interacción de la planta con su medio y de ese modo condiciona las posibilidades de que una determinada variedad se adapte con éxito a unas condiciones agroclimáticas dadas. Si además partimos de la idea de que las condiciones climáticas son susceptibles de cambiar, hemos de convenir en el interés de la fenología y del conocimiento de las bases biológicas que subyacen en los cambios fenológicos que se repiten año tras año.

Muchos de los frutales que cultivamos en nuestros campos experimentan una parada estacional de crecimiento en los meses fríos, acompañada de la pérdida de hojas y de la formación de yemas, llamada latencia. Estas yemas contienen los

Resumen

Las plantas interaccionan con el medio a través de ciclos anuales en los que el crecimiento y reproducción se adaptan a los cambios climáticos estacionales. Éste es el campo de estudio de la fenología. Dentro de estos cambios estacionales en los árboles frutales resulta de extrema importancia el proceso de latencia. Durante la latencia el árbol deja de crecer, pierde las hojas y protege los meristemas que iniciarán el crecimiento de la próxima primavera en yemas, que aseguran una mayor resistencia al frío y la desecación de la estación fría. La latencia no sólo incide sobre la adaptabilidad de un frutal a unas condiciones agroclimáticas dadas, sino que también resulta clave para una producción adecuada en un escenario de cambio climático. Conocer el proceso fisiológico de latencia nos aportará herramientas para predecir el comportamiento de nuevas variedades frente a estos cambios.

Palabras clave: latencia, floración, yemas, cambio climático.

meristemas, unas agrupaciones de células en crecimiento que darán lugar a las flores y ramas de la siguiente primavera. Las yemas han desarrollado mecanismos poco conocidos para soportar el frío y la falta de agua, y para retomar el crecimiento en cuanto se dan una serie de condiciones ambientales.

Existe un mecanismo insuficientemente conocido todavía que percibe el frío de forma acumulativa durante la estación fría para poder tomar la decisión, yema a yema, de si es el momento de salir de latencia. Así, cuando las yemas de una variedad determinada han detectado que el frío exterior ha superado un límite determinado para esa variedad (requerimientos de frío) salen de la llamada endolatenia, es decir de la latencia más profunda, y entran en ecolatenia, una latencia que sólo requiere de un periodo de temperaturas benignas para iniciar la brotación (requerimientos de calor) y que transcurre en paralelo a las últimas fases del desarrollo de la flor como la producción y maduración del polen o microsporogénesis (Figura 1). Podría

decirse que los frutales tienen un *calendario interno*, basado en la acumulación de frío y calor, para saber en qué estación del año se encuentran y adaptar a ella su estado fenológico. Como es de suponer aquellas variedades cuyo calendario interno coincida con el externo tendrán mayores posibilidades de aclimatación, y aquellas que no tengan sus requerimientos de frío calibrados para el clima donde se encuentran tendrán problemas de adaptación (Campoy *et al.*, 2011).

Si cultivamos una variedad en unas condiciones demasiado cálidas, las yemas serán incapaces de llegar a los requerimientos de frío necesarios para una adecuada salida de endolatenia (Figura 2), lo cual causará floración irregular y defectuosa. Por otro lado, si la cultivamos en unas condiciones demasiado frías, los requerimientos de frío se satisfarán demasiado pronto. Mientras haga frío es poco probable la brotación, pero si se da un corto periodo de calor suficiente para el fin de la ecolatenia se puede ocasionar una floración demasiado temprana

con el riesgo de heladas (Figura 2C). Además de la brotación y floración, otras fases fenológicas como la maduración de la fruta pueden verse afectadas negativamente por ejemplo por temperaturas demasiado bajas.

Fenología en un escenario cambiante

Los efectos adversos del calentamiento global dependen de los distintos escenarios que se contemplan. En términos generales, una subida de las temperaturas y un aumento del dióxido de carbono puede tener un impacto positivo sobre el crecimiento vegetativo, sin embargo el esperado aumento de otros contaminantes, como el ozono troposférico, pueden limitar severamente el desarrollo normal de los vegetales. Además, en nuestras latitudes el aumento de temperatura tendrá previsiblemente un efecto principal sobre la disponibilidad de agua, lo cual condicionará en gran medida cómo y qué se cultivará.

En cuanto a la fenología, el calentamiento global podría conllevar una situación similar a la representada en la Figura 2B. La moderación de las temperaturas invernales podría disminuir la acumulación neta de frío empleada por los frutales para salir de endolatenia. Muchos cultivos podrían por tanto no satisfacer sus necesidades de frío, y por tanto dar lugar a una floración irregular y diseminada. Esto ocasionaría una pérdida general de productividad.

Las condiciones agro-climáticas de esta primera mitad del año 2016 pueden darnos algunas pistas sobre los efectos que una modificación todavía mayor de las temperaturas y la pluviometría puede ejercer sobre nuestros cultivos. El informe agro-fenológico de la primavera de 2016 realizado por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET, <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datos>)



Figura 1. Fases de endolatenia y ecolatenia en yemas de melocotonero. Se señalan las yemas de flor (YF) y vegetativas (YV).

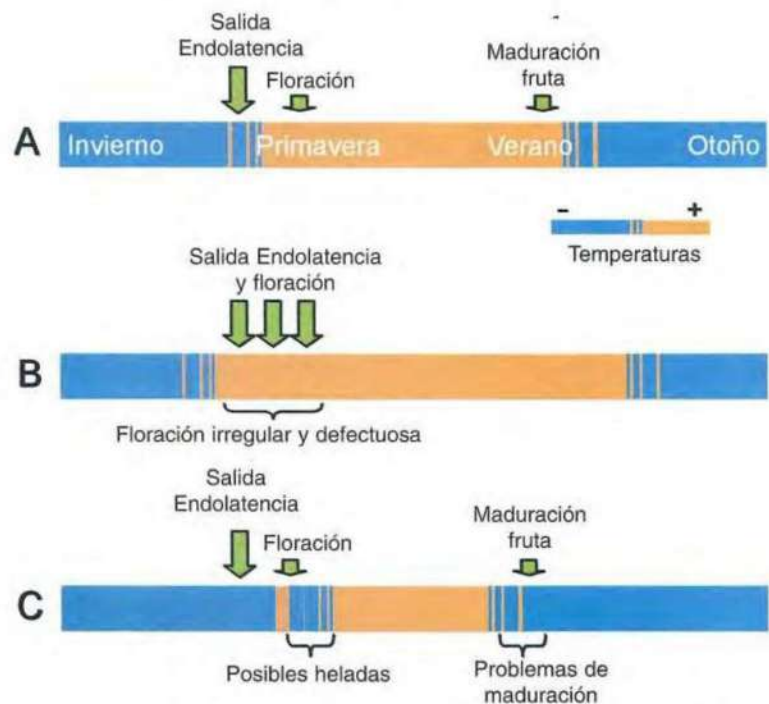


Figura 2. Eventos fenológicos relacionados con la floración y maduración de la fruta en escenarios cambiantes. En A la fenología está ajustada al clima. En B y C los requerimientos de frío de la yema son respectivamente mayores y menores que el frío disponible.



Figura 3. Ejemplos de floración y brotación irregular en algarroco (iqda), y de helada en frutos inmaduros de melocotonero (drcha).

climatológicos/fenología) recoge el efecto de las altas temperaturas invernales y la escasa lluvia sobre las floraciones tempranas y defecuosas de los frutales, que en combinación con bajadas puntuales de temperatura causaron algunas heladas en febrero y marzo. En la Figura 3 se aprecian ejemplos de este mismo año de floración y brotación irregulares en albaricoquero, y el efecto de una helada sobre frutos inmaduros de melocotonero.

Aproximaciones científicas

El problema del cambio climático requiere de un abordaje global que abarque las distintas vertientes política, educativa, social y científica, en consonancia con la complejidad de la situación. Desde el punto de vista científico sólo un empuje multidisciplinar que incluya meteorólogos, físicos, biólogos e ingenieros, entre otros, puede llegar a entender la dimensión del problema y diseñar estrategias de contención, como la búsqueda de nuevas fuentes de energía más limpias o la optimización de las energías renovables. Por su parte, los investigadores y mejoradores de especies cultivadas dedican un interés creciente al estudio básico de los mecanismos de tolerancia a estreses abióticos (falta de agua, contaminación ambiental, altas temperaturas), y desde un punto de vista más aplicado tratan de encontrar fuentes de variabilidad genética con posibilidades de ser empleadas en estrategias de mejora clásica mediante cruces con cultivares comerciales.

En sintonía con lo dicho, el grupo de frutales del IVIA tiene en funcionamiento programas de mejora que buscan la obtención de patrones de caquí más tolerantes a la falta de agua, y de nuevos cultivares de melocotonero y albaricoquero de calidad, mejor adaptados a climas cálidos y libres de patógenos. Además se encuentra activa una

línea de investigación sobre las bases moleculares de los mecanismos fisiológicos que definen el *calendario interno* en melocotonero. Dentro de esta línea se han realizado estudios de genética cuantitativa para averiguar qué partes del genoma del melocotonero determinan las diferencias de calendario en variedades distintas (Romeu *et al.*, 2014). También se han realizado estudios de genómica para identificar genes cuya expresión varía a lo largo del desarrollo de la yema floral (Leida *et al.*, 2012a). Esto ha permitido identificar posibles elementos reguladores de la latencia, además de genes implicados en el desarrollo floral y posibles factores de tolerancia al estrés por frío y falta de agua.

Los estudios genómicos ofrecen un repertorio valioso de genes que pueden estar implicados en la percepción y transmisión de la señal del frío, o en todos los procesos de desarrollo que tienen lugar en la yema. Estos genes pueden tener utilidad como marcadores moleculares para reconocer el estado de la yema en un momento dado, o para distinguir variedades con distintos requerimientos de frío (Leida *et al.*, 2012b). En cualquier caso, hasta que éstos puedan emplearse en protocolos de análisis molecular toda la información obtenida nos ayuda a comprender mejor los procesos que influyen en que los frutales se adapten mejor o peor a distintas condiciones climáticas.

Cambio climático, una tarea de todos

En nuestro país, la AEMET realiza informes fenológicos en relación con la climatología dos veces al año, en primavera y otoño, que registran los cambios fenológicos en cultivos, plantas silvestres y aves debidos a las variaciones climatológicas. Este trabajo puede llegar a resultar muy útil para evaluar el grado y gravedad del cambio climático en nuestros

campos, sin embargo todavía estamos lejos de la concienciación social de otros países con un programa de colaboración ciudadana en la anotación y recopilación de datos fenológicos.

La participación ciudadana es fundamental en programas como el Observatoire des Saisons en Francia (<http://www.obs-saisons.fr/>) o el USA National Phenology Network (<https://www.usanpn.org/>), donde la colaboración de agrupaciones de voluntarios ha aportado más de un millón de datos en 2015, que pueden ser consultados a través de mapas interactivos. Estos proyectos de ciencia ciudadana realizan una doble función de recopilación de datos utilizables por investigadores y agrupaciones, y de formación científica a pie de calle que de paso contribuye a una concienciación necesaria para el uso sostenible de los recursos.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido elaborado en el marco de proyectos financiados por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA)-FEDER (RF2013-00043-C02-02), y el Ministerio de Ciencia e Innovación (AGL2010-20595), y dos becas cofinanciadas por el Fondo Social Europeo y el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA).

BIBLIOGRAFÍA

- Campoy J.A., Ruiz D., Egea J. 2011. Dormancy in temperate fruit trees in a global warming context: A review. *Scientia Horticulturae* 130, 357-372.
- Leida C., Conesa A., Liácer G., Badenes M.L., Ríos G. 2012a. Histone modifications and expression of *DAM6* gene in peach are modulated during bud dormancy release in a cultivar-dependent manner. *New Phytologist* 193, 67-80.
- Leida C., Romeu J.F., García-Brunton J., Ríos G., Badenes M.L. 2012b. Gene expression analysis of chilling requirements for flower bud break in peach. *Plant Breeding* 131, 329-334.
- Romeu J.F., Monforte A.J., Sánchez G., Granell A., García-Brunton J., Badenes M.L., Ríos G. 2014. Quantitative trait loci affecting reproductive phenology in peach. *BMC Plant Biology* 14, 52.