

Efecto de los cambios en la fenología reproductiva del nogal sobre la producción

Análisis de su repercusión en el cultivo para realizar un correcto diseño de la plantación

N. Aletà, L. Abelló y M. Guàrdia.

Programa de Fruticultura IRTA.

La cambiante climatología de la zona mediterránea está afectando muy directamente a la fenología reproductiva de muchas especies frutales, entre ellas el nogal. La producción actual de nuez en España recae en muy pocas variedades. La elección varietal ha estado estrechamente ligada a las disponibilidades en los viveros y también a los estándares de calidad demandados por el mercado. Actualmente están surgiendo dudas sobre la capacidad adaptativa a ciertas condiciones ambientales de algunas de las variedades más plantadas. Solo la esmerada gestión de las plantaciones permitirá paliar los efectos negativos de ciertos eventos climáticos adversos sobre la capacidad productiva de las variedades.



Foto 1. La heterogeneidad en la brotación de Chandler cuando le falta frío. Foto: IRTA

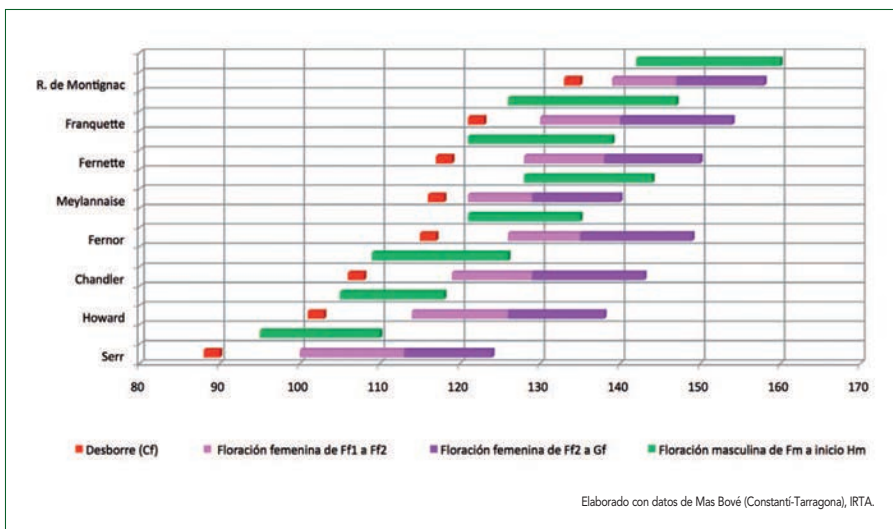
El nogal sigue siendo un frutal minoritario en España y, pese a una gran demanda del producto por sus atributos saludables, el incremento de la superficie cultivada ha sido muy pausado, a un ritmo de unas 1.000 hectáreas anuales desde 2015. Actualmente, según el MAPA (2019) ocupa unas 11.000 ha de las que un 70% están en plena producción dando lugar a una producción estabilizada alrededor de las 15.000 t desde 2012. La superficie plantada en la mitad sur de España (Andalucía, Extremadura, Castilla-La Mancha, Comunidad Valenciana y Murcia) es de más de 7.000 ha y en ella se produce un 47% de la nuez española, mientras que las 4.000 ha restantes producen el 53%.

Si bien es cierto que en la zona norte de la península las plantaciones regulares son más recientes, y quizás técnicamente más modernas, también lo es que las necesidades de la especie en clima y agua pueden ser más fáciles de abastecer. En cualquier especie, la buena gestión de las parcelas es la clave del éxito de una explotación, siendo la primera premisa para un buen manejo el conocer las peculiaridades de la biología reproductiva del cultivo y tenerlas muy presentes en el diseño de la plantación.

Un repaso a la biología reproductiva del nogal

J. regia tiene las inflorescencias femeninas y masculinas separadas pero localizadas en el mismo árbol, es una especie monoica. La polinización es anemófila estricta, además las variedades utilizadas en las plantaciones del sur de Europa no muestran en ningún caso apomixia (fecundación sin polen). La especie es autofértil, o sea que no existen barreras ni bioquímicas ni genéticas que impidan la germinación del polen de un árbol sobre una flor femenina de ese mismo árbol o genotipo. Sin embargo, como en muchas es-

FIG. 1 Diagrama de floración de las principales variedades cultivadas en España incluyendo sus polinizadores habituales.



pecies arbóreas, tiende a favorecer la polinización cruzada lo que logra difiriendo en el tiempo la floración masculina de la femenina de un mismo genotipo para que no se solapen, al menos completamente. Es por lo tanto una especie dicógama. Las variedades más comunes en las plantaciones españolas suelen mostrar antes las flores masculinas que las femeninas, es decir, suelen ser marcadamente andróginas. En la **figura 1** se resume la fenología de brotación y floral de las principales variedades existentes en las plantaciones de la Península Ibérica.

Las flores femeninas aparecen en el extremo del brote del año, cuyas yemas se habrán diferenciado en florales o vegetativas el verano anterior, aunque este determinismo no es visible hasta que aparecen los rudimentos florales en la primavera siguiente. En cambio, el amento masculino, esos pequeños conos localizados en los ramos del año anterior, es conspicuo a las pocas semanas de su diferenciación, a finales de la esa primavera. La inducción y posterior diferenciación floral coinciden en el tiempo con el máximo esfuerzo vegetativo (crecimiento) y reproductivo (floración y cuajado del fruto) del árbol.

La aparición de flores femeninas a temprana edad ha sido uno de los grandes logros de la selección varietal de los últimos 30 años. Actualmente, las principales variedades cultivadas tienen presencia evidente de flores femeninas en su segundo período vegetativo y a partir del tercero suele merecer recolectar el fruto; se ha logrado reducir de tres a cuatro años el período improductivo de las plantaciones tradicionales. Sin embargo, los logros en la selección de polinizadores no han sido tan espectaculares, aunque hayan supuesto un avance de hasta tres años en la aparición de amentos. En el **cuadro 1** se resumen las características de las variedades en su faceta polinizadora, cualquier variedad tiene una actuación, más o menos destacada, como polinizador en una plantación.

Dificultades en la elección varietal

La elección varietal en España, además de a las existencias en los viveros, ha estado condicionada a las exigencias del mercado sobre la homogeneización de la calidad del producto, así el estándar de

CUADRO I. CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIEDADES EN SU ACTUACIÓN COMO POLINIZADORES.

Nombre	Presencia de amentos	Tipo de dicogamia	Homogamia % (overlap)	Polinizadores adecuados	Observaciones
Chandler ¹	Media	Protandria	30	Femette y Franquette (o Meylannaise)	Presencia efectiva de amentos precoz (<4 años). Sensible a bacteriosis (<i>Xanthomas arboricola</i> pv. <i>juglandis</i>)
Femette ²	Alta	Protandria	47	Meylannaise o Franquette	Presencia efectiva de amentos muy precoz (<3 años). Poco sensible a bacteriosis (<i>Xanthomas arboricola</i> pv. <i>juglandis</i>) y muy poco a antracnosis (<i>Gnomonia leptosyla</i>).
Femor ¹	Baja	Protandria	37	Franquette y Ronde de Montignac	Muy sensible a bacteriosis (<i>Xanthomas arboricola</i> pv. <i>juglandis</i>)
Franquette ¹	Alta	Protandria	69	Meylannaise y Ronde de Montignac	Presencia efectiva de amentos tardía, no antes de 6-7 años. En fase adulta poca necesidad de polinizadores.
Howard ¹	Media a baja	Protandria	17	Chandler, Femette (+ Franquette o Meylannaise)	Presencia efectiva de amentos media (>4 años). Para mantener su productividad el control de la polinización es muy importante.
Meylannaise ²	Media a alta	Protoginia**	65	No precisa	Presencia efectiva de amentos tardía (7-8 años) y corto pero intenso período de emisión de polen. Sensibilidad media a bacteriosis (<i>Xanthomas arboricola</i> pv. <i>juglandis</i>)
Serr ¹	Muy alta	Protandria	43	Chandler (y Howard)	Presencia efectiva de amentos media (>4 años). Gran cantidad a partir de los 6-7 años. El exceso de polen causa PFA (<i>Pistillate Flower Absission</i>). No dejar envejecer prematuramente. Reservorio de polen para su uso en polinización artificial.
Ronde de Montignac ²	Media*	Protoginia	81	No precisa	Precocidad en producción de amentos para una variedad tardía (4-5 años), rápidamente alcanza una elevada intensidad. Poco susceptible a bacteriosis (<i>Xanthomas arboricola</i> pv. <i>juglandis</i>)

Resultados de las observaciones de 30 años en las colecciones de nogal de Mas Bové (Constantí-Tarragona) - IRTA.

¹ Variedades base en las plantaciones españolas. ² Variedades polinizadoras.

*En las condiciones de Constantí (IRTA-Mas Bové) no presenta una intensidad elevada de amentos, según descripciones francesas similar a 'Serr'. **En las condiciones de Constantí (IRTA-Mas Bové) no presenta tanta homogamia como la descrita en Francia.

calidad se establece en una nuez de gran calibre y grano muy claro. Se estima que en los últimos diez años más del 80% de la superficie de nueva plantación es de Chandler, variedad que se ciñe a estas condiciones comerciales. Sin embargo, la expansión de otras variedades, ligada a la necesidad de escalonar la maduración, está empezando. Este cambio va a ser lento por la rigidez varietal de la producción de nuez (no es una especie que se pueda reinjertar fácilmente) y además por ir necesariamente ligada a un cambio en el paradigma de la actual calidad de la nuez.

En muchas de las plantaciones de nogal de reciente implantación, los técnicos han tratado de elegir polinizadores que cubran ampliamente el período de la floración de la variedad base. Sin embargo, a menudo no se dispone de información adaptativa local de los genotipos potencialmente apropiados, o simplemente los viveros no injertan el material concreto que se precisaría. En muchos casos, la restricción proviene de que algunas variedades no están en el Registro de Variedades Comerciales o Protegidas (RVC/RVP) nacional o europeo, lo que impide su comercialización. El resultado

es que todavía es habitual observar en las nuevas plantaciones variedades poco apropiadas para esa zona, pocos polinizadores, o que se han plantado en varios años, o mal distribuidos.

La fenología floral de una especie es un carácter puramente adaptativo. La variada e imprevisible climatología a la que estamos, y vamos a estar, sometidos, con repentinos periodos de calor y sequía, o de frío fuera de época, o de largos periodos de lluvia, o de inviernos demasiado cálidos, etc., marca la respuesta reproductiva de la variedad y por lo tanto incide directamente sobre su capacidad productiva. En estas condiciones no bastará considerar las teóricas coincidencias de floración entre la variedad base y sus polinizadores para elegir las mejores combinaciones. En los últimos años, incluso en plantaciones bien diseñadas en su momento, se observan comportamientos fenológicos dispares en un mismo árbol/variedad tanto en brotación como en floración, acortamiento en el período de la maduración de los amentos, una mayor dicogamia, retrasos en brotación y floración femenina, etc., fenómenos que de por sí causarán merma en la capacidad productiva del nogal.

La elección del genotipo/s a plantar se torna complicada al planificar una nueva plantación y supone un reto importante cuando no se dispone de la información suficiente sobre el comportamiento varietal en las condiciones deseadas. Además, el nogal es una especie de largo recorrido productivo; plantaciones de más de 25 años se hallan en plena producción con una apropiada gestión, por lo tanto, a las dificultades generadas por la inestabilidad climática se debe sumar la necesidad de pensar en clave "largo plazo" en este cultivo. Una precoz entrada en producción permite obviamente acortar los iniciales años menos fructíferos, pero hipotecar el futuro de la plantación contra las ganancias hasta los 6-8 años, con gestiones estresantes para los árboles, o las excesivas prisas por plantar puede resultar muy oneroso para la futura plantación.

Eventos climáticos que afectan a la fenología floral

Las heladas repentinas de primavera

Las afecciones por heladas tardías, posteriores al 15 de abril, han sido recurrentes en los últimos cinco años en amplias zo-

nas de España donde no eran habituales estos descensos de temperaturas; en muchos casos la variedad Chandler se ha visto afectada. La pérdida del brote terminal por helada incluso en variedades de brotación lateral, como Chandler o Howard por ejemplo, supone una merma clara en la producción, tanto más si también se han helado los amentos; las flores masculinas son más susceptibles a las heladas que el brote del año. Nos hallaremos irremediablemente ante una menor presencia de flores femeninas pero este problema se agravará si además se convierte en un problema de falta de polinización de las flores femeninas más tardías.

Lluvias continuadas

No es ninguna novedad que las lluvias de primavera y la excesiva humedad ambiental mantienen un entorno excelente para la proliferación de enfermedades, especialmente si van acompañadas de altas temperaturas. Esta situación, provoca un incremento en el número de aplicaciones de productos fitosanitarios, pero además conduce a una muy mala polinización; el polen se dispersa con mayores dificultades en ambiente húmedo y los amentos empapados acaban desprendiéndose por exceso de peso antes de abrir sus sacos polínicos. Desde un punto de vista meramente productivo esto crea una situación de mala polinización difícil de solucionar.

Sequía en primavera-verano

En este caso las explotaciones gozarán de una sanidad envidiable y será el control del aporte hídrico el que marcará la adecuada respuesta productiva. De mediados de marzo a mediados de julio se deben cubrir bien las necesidades en agua de los árboles.

Las horas frío

En algunas especies frutales las necesidades en horas frío, horas que se acu-



Las decisiones clave para instalar una plantación de nogales giran en torno a: tener agua suficiente para el riego, que el suelo tenga un buen drenaje, que la elección varietal se pueda ligar al periodo libre de heladas de la zona y si esta última dispondrá de suficientes horas frío.

mulan desde la parada vegetativa del otoño-invierno hasta el inicio del nuevo período vegetativo, son un claro factor limitante para el desarrollo de los frutales (Espada, 2010). En el nogal este ha sido un aspecto conocido *sotto voce*, pero poco considerado a la hora de tomar decisiones en la planificación de las nuevas plantaciones, tanto más al considerar que las variedades californianas no tenían estas limitaciones. Sin embargo, algunas zonas de la Península Ibérica adolecen de falta de horas frío y según las previsiones climáticas para los próximos 30 años esta disminución irá en aumento (Rodríguez *et al.* 2019).

Venimos repitiendo que no existe una información contrastada sobre el comportamiento multiambiente en la Península Ibérica de las distintas variedades de nogal, pero se sabe que algunas variedades para vegetar y producir correctamente precisan menos horas frío que otras, por ejemplo Serr menos que Chandler y esta última menos que Franquette. En las condiciones de Mas Bové (Tarragona) se han observado cambios fenológicos destacables, considerando los datos de más de 30 años, en las variedades con más necesidades en frío como Franquette,

Ronde de Montignac, Fernor o Meylannaise, estudiando la respuesta en un amplio rango de acumulación de frío, entre 550 h hasta 1.300 h. Así se han visto cambios significativos sobre todo en el alargamiento de la floración femenina en los períodos con menos horas frío. La variedad Chandler, en estas mismas condiciones, se ha visto afectada en años puntuales. Según estudios recientes se le atribuyen unas necesidades mínimas de 950 h de frío (Hassankhak *et al.*, 2017) que en Mas Bové no se han satisfecho en más de un tercio de los años considerados en el período de estudio 1988-2019. Su comportamiento en esos años ha tendido a parecerse al de las variedades francesas. En cambio, las variedades Serr y Howard mostraron un comportamiento mucho más estable durante ese mismo período, menos afectado por los cambios en horas de frío.

Estos desarreglos fenológicos, especialmente el alargamiento del período de brotación y de la floración femenina, se han detectado también en explotaciones de zonas cálidas de la Península Ibérica, de manera que parecen atribuibles a la falta de horas frío. Esta situación, además de provocar heterogeneidad en el tamaño del fruto en un mismo árbol (**foto 1**), conlleva importantes dificultades para cubrir correctamente con el polen de la propia explotación estos períodos tan largos de floración femenina, sin olvidar que también dificultará la aplicación en los momentos oportunos de los tratamientos fitosanitarios. No existe un amplio elenco varietal de polinizadores donde elegir, si bien, con los datos disponibles, la floración masculina no parece verse tan afectada como la femenina por la menor cantidad de horas frío.

¿Cómo actuar?

Las plantaciones de nogal se han instalado, y siguen instalándose, de manera dis-

persa por la Península Ibérica. Por lo tanto, a la hora de implantar el cultivo, los técnicos estudiarán la climatología de la zona para hacer una elección varietal correcta. Las decisiones clave para instalar una plantación de nogales giran en torno a tres puntos: a) tener agua suficiente para el riego; b) que el suelo tenga un buen drenaje; y c) que la elección varietal se pueda ligar al período libre de heladas de la zona. Actualmente, hay que añadir una cuarta: d) ¿la zona dispone y dispondrá en los próximos 30 años de suficientes horas frío?

Tanto para las nuevas plantaciones como para las ya existentes, la tecnología que se aplique en la gestión ha de permitir convivir con las potenciales problemáticas que vayan presentándose.

Prevenir con un buen diseño de la plantación

Pocas acciones innovadoras se pueden aplicar, pero elegir bien las variedades para la zona teniendo en consideración tanto su brotación como las necesidades en frío o establecer una buena distribución de los polinizadores en la parcela son medidas imprescindibles. A modo orientativo, las necesidades de frío de las principales variedades cultivadas como base de las explotaciones españolas, ordenadas de menos a más, son Serr (>500 h), Howard (>800 h), Chandler (>900 h) y Fernor (>1.200 h). Por otro lado, en muchos artículos se repite que los polinizadores se colocarán en hileras perpendiculares al viento dominante, en las zonas altas de las parcelas, máximo cada 100 m y que supongan un 2-3% de la variedad base; sin embargo, curiosamente, en muy pocas plantaciones se cumple.

Los polinizadores deben plantarse al mismo tiempo que el resto de la plantación, ser siempre injertados (nunca producidos *in vitro*) y se debe exigir su identificación a los viveristas para diseñar mejor su distribución. De común, a una

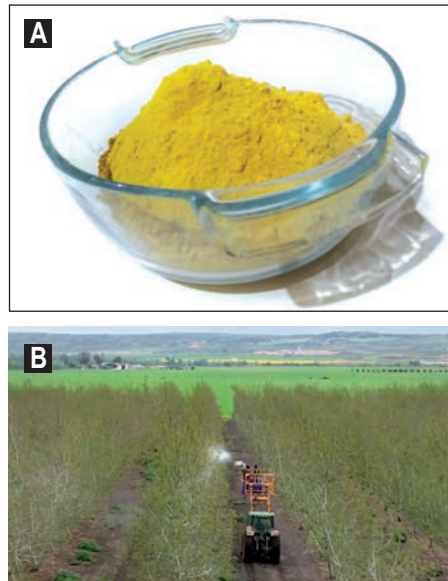


Foto 2. Aplicación artificial de polen en plantaciones de nogal: (A) polen de nogal seco para conservar, (B) aplicación del polen desde un tractor y (C) aplicación del polen desde un dron. Fotos cedidas por www.alltitud.es

variedad se le asignan un mínimo de dos polinizadores, dos tercios para cubrir la primera floración y un tercio más para las flores más tardías. En esta elección no se debe olvidar el período de producción de polen de la misma variedad base, cuyo aporte en polen no suele ser desdéniable, y en algunos casos hasta suficiente (**cuadro I**). La adecuada distribución de las variedades en la explotación es el primer paso para el buen funcionamiento de la plantación.

Es muy aconsejable disponer de un reservorio de polinizadores tardíos en las plantaciones a los que poder recurrir en caso de perderse los amentos por heladas o lluvias puntuales y así dar una oportunidad a las flores femeninas que puedan quedar dispersando artificialmente polen extra en las parcelas. Sin embargo, cuando los eventos climáticos son recurrentes se deberá disponer de variedades productoras de polen de distintas estaciones donde se puedan recoger periódicamente amentos y extraer el polen para su secado y conservación en frío y así disponer de él en cualquier momento de la campaña.

También es importante considerar que el período de brotación de los patrones puede influir sobre el de la variedad que se injerta sobre ellos. Los patrones clones o las variedades producidas *in vitro* homogeneizarán el potencial desborde de la parcela.

Ante previsibles situaciones de estrés climático sólo se intensificará la plantación, acortando marcos, si el soporte hídrico está garantizado y las condiciones edáficas no son limitantes para el nogal.

Ayudar con medidas de gestión

Mejorar la producción de polen reduciendo al mínimo las podas en los árboles polinizadores, especialmente en el período de formación de la plantación. Con esta medida se provoca el envejecimiento vegetativo y se aumenta la presencia rápida de ramos cortos cuyas yemas laterales suelen diferenciarse como inflorescencias masculinas.

La extracción del polen y su conservación es muy sencilla y su posterior dispersión mecánica tampoco resulta técnicamente complicada. Sin embargo, el conocer la adecuada dilución del polen y las cantida-

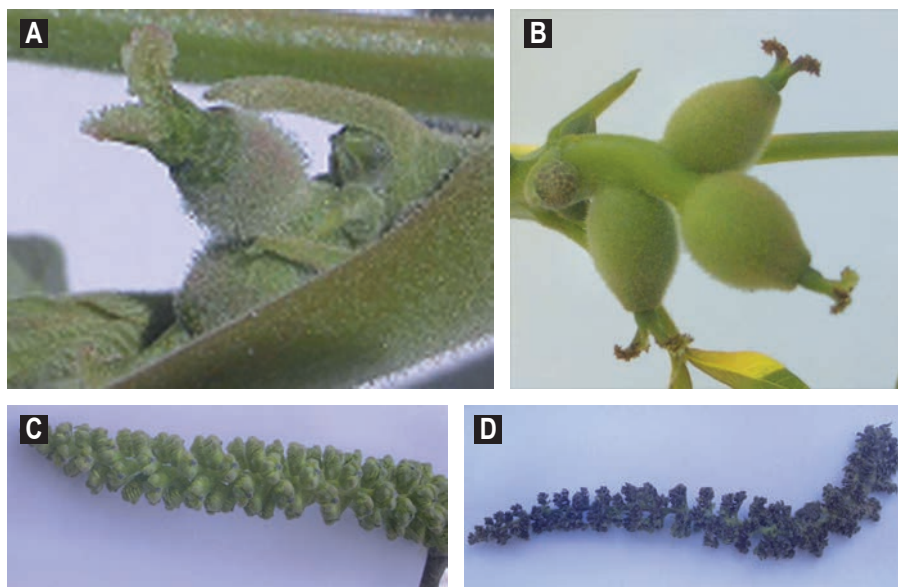


Foto 3. Estadios florales críticos para observar en las plantaciones: (A) Flor femenina. Estadio F_{fl} . (B) Fruto cuajado. Estadio G_f . (C) Amento. Estadio F_m . (D) Amento en el suelo. Estadio H_m . Fotos: IRTA.

des a aplicar por hectárea requiere un desarrollo técnico específico, no asequible a todos los productores. Un exceso de carga de polen provoca aborto floral y algunas variedades como Serr son más sensibles a ello. En muchos casos encarar al menos la aplicación en parcela a una empresa especializada suele resultar más eficiente (foto 2).

Para aplicar el polen en el momento oportuno se deberá controlar una o dos veces por semana la evolución de la floración en la explotación. Se elegirán árboles representativos de la variedad base de los que se anotarán las fechas de receptividad femenina, desde la aparición de F_{fl} hasta cuando el cuajado ya sea mayoritario (G_f) (foto 3). En los polinizadores de cada variedad base se seguirá esencialmente la evolución de los amentos (inicio F_m a mayoritario H_m) (foto 3). En ambos casos se anotará para cada fecha el estadio floral más atrasado, el mayoritario y el más avanzado. Con esta información se podrán tomar decisiones objetivas y detectar los momentos en los que las flores femeninas no pueden ser polinizadas por falta de polen en la parcela y se deba recurrir a la polinización artificial con el polen

conservado. El conocimiento de la fenología a tiempo real de las parcelas es especialmente decisivo los años en los que se producen heladas o muchas lluvias. En estos casos se deberán aprovechar las ventanas que la climatología ofrezca para contrarrestar los efectos perniciosos del clima sobre la producción, con la única arma de la que se dispone: la aplicación artificial de polen suplementario mientras haya flores femeninas receptoras en las parcelas.

Además, un adecuado seguimiento fenológico de la plantación ayudará a aplicar los tratamientos fitosanitarios en los momentos oportunos, aspecto imprescindible para su eficacia en el período de floración.

Controlar las horas de frío que se están acumulando ese año en la explotación, con el método más apropiado para cada zona, en relación con años anteriores permite saber a qué atenerse de antemano. Ante la duda de que estas vayan a ser escasas es aconsejable tratar de forzar la ramificación aplicando productos bioestimulantes de la brotación que existen en el mercado.

Si no se ha recargado el suelo con las lluvias de invierno regar antes de la brota-

ción para simularlas. Un suelo excesivamente seco no favorece la actividad de las raíces que se inicia más de un mes antes de la brotación y supone iniciar la campaña en modo estrés. El aporte hídrico durante el período vegetativo debe estar ligado al clima (evapotranspiración), pero también al potencial hídrico de las hojas que debemos tratar de mantener a modo orientativo entre -4 y -6 bares, permitiendo sólo que sea menor en los períodos en los que las temperaturas son muy elevadas y/o las humedades relativas muy bajas. Regar según este parámetro supone disponer de una cámara de presión y conocer bien su uso, pero la información que aportará será una fotografía muy real de las distintas zonas de la plantación.

Actualmente, se dispone de previsiones climáticas cada vez más fiables que unidas a un seguimiento de la evolución fenológica a pie de parcela pueden ayudar a realizar una correcta gestión que llegue a contrarrestar, al menos en parte, los efectos negativos sobre la producción de muchas de las eventualidades climáticas. ■

AGRADECIMIENTOS

Los estudios sobre el comportamiento varietal de los nogales en las colecciones de Mas Bové (Constantí-Tarragona) en relación de la climatología se han podido desarrollar por los datos climáticos aportados por la Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques (XEMA) gestionadas por el SCM. Además, la financiación otorgada por el INIA a proyectos de Recursos Fito-genéticos ha permitido mantener, gestionar y documentar el Banco de Germoplasma Nacional de *J. regia* de donde proceden los datos.

BIBLIOGRAFÍA

Espada, 2010. Necesidades de frío invernal de los frutales caducifolios. Ed. Diputación General de Aragón. Informaciones Técnicas n°224. 8pp.

MAPA. 2019. Anuario de Estadística Agraria. Frutos Secos.

Hassankhah, A.; Vahdati, K.; Rahemi, M.; Hassani, D.; Khorami, S. 2017. Persian Walnut Phenology: Effect of Chilling and Heat Requirements on Budbreak and Flowering Date. International Journal of Horticultural Science and Technology Vol. 4, No. 2; 259-271.

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. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 19, 1087-1103.