

Íñigo Vargas<sup>1</sup>, Carla Casals<sup>1,2</sup>, Neus Teixidó<sup>1,2</sup>, Erick Zúñiga<sup>2</sup>, Laura Torguet<sup>3</sup>, Xavier Miarnau<sup>3</sup>, Lúdia Aparicio<sup>3</sup>, Rosario Torres<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>IRTA-HUB Sanitat Vegetal de Catalunya.

<sup>2</sup>IRTA, Programa Postcollita.

<sup>3</sup>IRTA, Programa Fructicultura.

## Manejo y control de *Monilinia laxa* y otras enfermedades fúngicas del almendro

La expansión del almendro en España ha incrementado la presión de enfermedades fúngicas como *Monilinia laxa*, que se ha consolidado como uno de los principales desafíos sanitarios del cultivo. En este contexto, el HUB Sanidad Vegetal de Catalunya desempeña un papel clave como estructura de coordinación territorial, impulsando el trabajo conjunto de técnicos asesores, investigadores y técnicos de la administración con el objetivo de priorizar retos, compartir conocimiento y desarrollar soluciones innovadoras que respondan a las necesidades reales del sector en materia de sanidad vegetal. Entre las problemáticas que el HUB ha identificado como prioritarias destacan precisamente las enfermedades fúngicas del almendro, lo que pone de manifiesto la importancia de disponer de herramientas eficaces de predicción y control. Los proyectos de investigación desarrollados en el marco de los Grupos Operativos de Innovación, liderados científicamente por el IRTA, han generado conocimientos clave sobre la dinámica de la enfermedad. Estas iniciativas han permitido desarrollar modelos predictivos, definir criterios de riesgo y establecer estrategias de manejo más eficaces. Gracias a estos avances, es posible avanzar hacia un control más preciso, sostenible y basado en datos, mejorando la eficacia de las intervenciones y contribuyendo a reducir las pérdidas asociadas a la enfermedad.

## Antecedentes

El HUB Sanidad Vegetal de Cataluña es una iniciativa impulsada conjuntamente por el *Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació de la Generalitat de Catalunya* (DARPA) y el *Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries* (IRTA). Su objetivo principal es impulsar y proporcionar herramientas al sector para afrontar los principales retos actuales en sanidad vegetal, así como coordinar el trabajo conjunto de todos los agentes implicados en este ámbito y promover acciones estratégicas que impulsen avances significativos en la gestión y control de las plagas y enfermedades que afectan al sector.

La necesidad de mejorar el diagnóstico precoz y el manejo de *Monilinia laxa* en un contexto de creciente presión sanitaria hace imprescindible comprender con precisión los síntomas diferenciales, los momentos de máxima susceptibilidad y la dinámica epidemiológica de la enfermedad. Sobre esta base, se han desarrollado los proyectos *ALMON*<sup>1</sup>, *ALERTFLORS*<sup>2</sup> y *MONCONTROL*<sup>3</sup>, orientados a aportar herramientas innovadoras para su monitorización y control. Además, la moniliosis del almendro ha sido priorizada dentro del HUB de Sanidad Vegetal, que integra y potencia estos esfuerzos para avanzar hacia un manejo más eficaz y sostenible del patógeno.

## Introducción

La moniliosis del almendro causada por *M.laxa* constituye una de las enfermedades fúngicas más relevantes y perjudiciales para el cultivo en las regiones productoras españolas de clima templado. En España, la encontramos ampliamente distribuida en zonas interiores en condiciones de humedad ambiental elevada y temperaturas suaves durante la floración, condiciones que favorecen el desarrollo de las infecciones en fases tempranas del ciclo del cultivo (Torguet y col., 2016).

El notable crecimiento del almendro en sistemas intensivos y de regadío ha incrementado la incidencia de enfermedades, entre las cuales la moniliosis destaca por su capacidad de afec-

tar simultáneamente flores, brotes y frutos, comprometiendo seriamente la producción. La elevada susceptibilidad de los órganos reproductivos durante la floración convierte esta fase en el momento más crítico, especialmente durante la apertura floral, cuando estigmas, anteras y pétalos muestran máxima vulnerabilidad.

Los estudios epidemiológicos señalan que los frutos momificados adheridos al árbol y los chancros constituyen las principales fuentes de inóculo primario, siendo estas momias un reservorio clave en parcelas con antecedentes de enfermedad (Casals y col., 2025).

La infección por *M. laxa* se ve favorecida en condiciones de humedad superiores al 85%, lluvia o niebla y temperaturas entre 10–20°C, condiciones habituales en primavera, durante la época de floración del almendro (Casals y col., 2025).

Los efectos económicos que produce esta enfermedad en el cultivo del almendro son muy importantes: reducción del rendimiento, pérdida de calidad del fruto y aumento de costes por tratamientos y podas sanitarias. Un manejo eficaz de la explotación exige sincronizar las aplicaciones fungicidas, reducir el inóculo invernal y monitorizar las condiciones climáticas de riesgo. Comprender su impacto requiere analizar sus mecanismos de infección, supervivencia, fuentes de inóculo y dinámica epidemiológica en plantaciones intensivas (Torguet y col., 2016).

## Biología, epidemiología, síntomas y diagnóstico precoz

La enfermedad se inicia cada campaña a partir del inóculo primario, procedente de los tejidos afectados de la temporada anterior (principalmente frutos momificados en el árbol y chancros en ramas), donde *M. laxa* sobrevive al invierno y desde los cuales libera los primeros conidios al inicio de la floración, dando lugar a las infecciones iniciales del ciclo vegetativo. A partir de estas primeras infecciones, se genera el inóculo secundario, constituido por las flores y frutos

jóvenes infectados, así como por chancros activos durante la campaña, que continúan produciendo conidios y amplificando la enfermedad a lo largo del desarrollo del cultivo, especialmente bajo condiciones favorables de humedad y temperatura (Casals y col., 2025).

La moniliosis se identifica en campo por síntomas muy característicos. El más distintivo es la marchitez de las flores. En fases avanzadas pueden observarse chancros en las ramas y frutos momificados. La combinación de flores secas, brotes marchitos y momias constituye el triángulo visual de la moniliosis, clave para diferenciarla de otras enfermedades (Figura 1).

El diagnóstico debe distinguir esta enfermedad de otras con síntomas similares, ya que distintas patologías pueden causar lesiones en hojas, frutos o chancros que se pueden confundir con la moniliosis. Identificar correctamente estas diferencias es fundamental para evitar diagnósticos erróneos.

El diagnóstico precoz de la enfermedad resulta determinante para orientar las decisiones de manejo. La floración constituye la ventana más crítica: es imprescindible observar flores marchitas, brotes tiernos decaídos y pequeños chancros recientes. Además, cuantificar el inóculo presente (mediante el recuento de momias y chancros antes de la floración) permite estimar el riesgo real de la explotación.

Para abordar el control de la enfermedad, es relevante conocer la eficacia de los productos, prácticas culturales y momentos óptimos de intervención en campo, así como el diseño de modelos predictivos basados en las condiciones climatológicas y la sensibilidad de la propia fenología del cultivo. Integrar síntomas, evaluación de

<sup>1</sup> Proyecto "ALMON-Claus per millorar el maneig de la moniliosis en ametller", Plan estratègic de la PAC 2014-2020.

<sup>2</sup> Proyecto "MONCONTROL- Estratègies per al control sostenible de *Monilinia* spp en ametller", Plan estratègic de la PAC 2014-2020.

<sup>3</sup> Proyecto "ALERTFLORS- Desenvolupament d'un sistema d'alertes per millorar el control sostenible de *Monilinia laxa* en Almendro", Plan estratègic de la PAC 2023-2027.



Figura 1. Órganos con síntomas visibles causados por *Monilinia laxa*.

inóculo y predicción del riesgo permite anticiparse a la infección y maximizar la eficacia del manejo.

Actualmente, los estudios realizados en la zona productora del Valle del Ebro muestran información fundamental que permite entender las condiciones que determinan el inicio y la progresión de la moniliosis durante la floración. El papel de las fuentes primarias de inóculo es relevante, donde los frutos momificados adheridos al árbol acumulan las mayores concentraciones de conidios viables, mientras que las momias caídas al suelo muestran menor viabilidad y contribución epidemiológica reducida (Casals y col., 2025). Esta diferenciación permite priorizar la retirada de las momias del árbol como práctica sanitaria esencial. Además, se conoce que la dinámica de nuevos puntos de infección por *M. laxa*, se concentra habitualmente en periodos de alta humedad, precipitaciones recientes y temperaturas moderadas, en el período de abril a junio (Figura 2). La combinación de estas variables, junto con la presencia de inóculo inicial, permite anticipar episodios de elevada presión de la enfermedad. Con toda esta información obtenida de diferentes explotaciones agrícolas y durante varios años de estudio, se ha desarrollado en el marco del proyecto *ALERTFLORES*, un sistema de alerta de infección que permitirá ajustar los tratamientos al momento óptimo del riesgo, reducir el número de aplicaciones y mejorar su eficacia. Actualmente, el sistema

de alertas está en fase de validación a nivel experimental.

A su vez, el proyecto *MONCONTROL* es una herramienta complementaria que ha aportado resultados prácticos sobre la viabilidad del inóculo en momias y chancros, la sensibilidad varietal y los estados fenológicos más vulnerables. Los resultados muestran distinta susceptibilidad varietal, siendo 'Soleta' y 'Largueta' más sensibles y 'Marcona' más tolerante, y los estados más vulnerables son botón rosa y floración.

Asimismo, en el marco de este proyecto se ha evaluado la eficacia de fungicidas de síntesis (difenoconazol, boscalida+piraclostrobin, ciprodinil y combinaciones) y productos de bajo impacto, tanto en laboratorio como en campo, demostrando que los primeros son más eficaces cuando se aplican en botón rosa y plena floración.

En este proyecto también se identifican prácticas culturales clave, como la retirada de momias o la aplicación de urea en invierno, que reducen el inóculo inicial y refuerzan la sostenibilidad del manejo.

En conjunto, los resultados de ambos proyectos ofrecen un marco robusto para un manejo predictivo e integrado de la moniliosis, combinando la reducción del inóculo, la anticipación del riesgo y la intervención dirigida. Este enfoque permite mejorar la efi-

ciencia del control, reducir costes y avanzar hacia un sistema de producción más sostenible y ajustado a las necesidades reales del cultivo.

### Estrategia integrada de manejo

El control eficaz de *M. laxa* requiere una estrategia integrada que combine reducción del inóculo, monitorización del riesgo y tratamientos aplicados en el momento óptimo. La primera línea de defensa es la prevención, centrada en disminuir la cantidad de inóculo presente antes de la floración. Para ello, resultan esenciales la poda de aireación, que reduce la humedad en el interior de la copa, y la eliminación de momias y brotes con chancros, principales reservorios de conidios de *M. laxa*. La renovación de madera afectada y, cuando sea posible, la elección de variedades menos susceptibles, contribuirán también a minimizar la presión inicial de la enfermedad.

La prevención de la enfermedad será una herramienta clave que, mediante el uso de modelos basados en humedad, temperatura, lluvias y estado fenológico, nos permitirá identificar ventanas de infección durante la floración. De esta manera, los avisos del sistema de alerta facilitarán la intervención solo cuando el riesgo sea real.

Otro componente del manejo de la enfermedad es la aplicación de tratamientos dirigidos y optimizados,

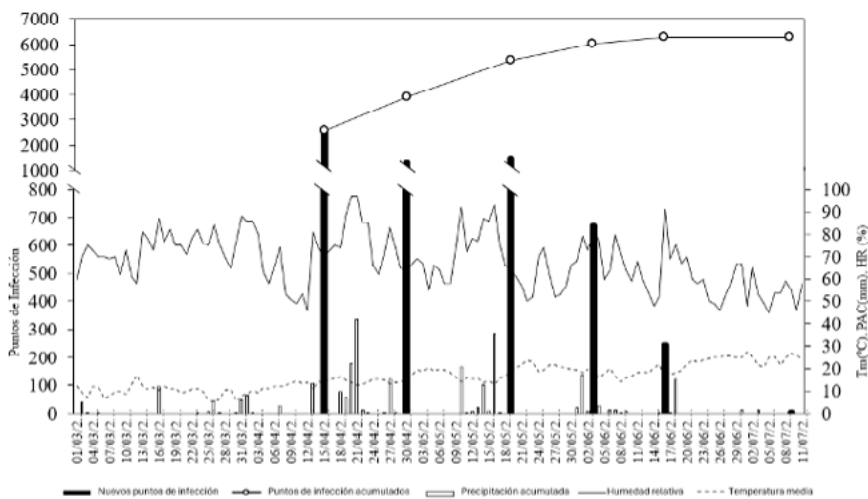


Figura 2. Evolución a lo largo del tiempo de los puntos de infección o puntos de infección acumulados causados por *M. laxa* en la variedad de almendro "Tarraco" ubicada en una finca de Vilagrassa (Lleida) durante la campaña 2020. Figura adaptada de Casals y col., 2025

en el momento idóneo de intervención y considerando la alternancia de modos de acción. La integración de la predicción del riesgo con la ventana epidemiológica permite aplicar los tratamientos en el momento más eficaz, garantizando un control más preciso y sostenible.

En conjunto, la estrategia integrada transformará el control de la moniliosis en el almendro en un enfoque predictivo, preciso y racional.

### Otras enfermedades fúngicas que afectan al almendro

En el marco del HUB Sanidad Vegetal, además de la moniliosis, se han identificado otras enfermedades fúngicas prioritarias que afectan al almendro. Entre las enfermedades fúngicas

principales, los técnicos de gestión integrada de plagas también han identificado la enfermedad causada por *Diaporthe amygdali* (chancro del almendro) como una de las más relevantes por su impacto creciente y dificultad de erradicación con las herramientas disponibles.

Asimismo, la mancha ocre del almendro causada por *Polystigma amygdalinum* ha sido también señalada como una de las enfermedades más relevantes en la diagnosis realizada por el HUB, debido a su amplia distribución, su capacidad de causar defoliaciones severas y las pérdidas productivas asociadas. En este ámbito, el IRTA ha desarrollado en los últimos años un trabajo intenso y exitoso, que ha permitido conocer su epidemiología, validar estrategias de manejo y evaluar

productos y momentos óptimos de aplicación, lo que ha permitido mejorar notablemente el control de esta enfermedad en campo.

Para avanzar en el manejo y control de estas patologías, el HUB cuenta con un Grupo de Trabajo de expertos, formado por técnicos asesores, investigadores y personal técnico del DARPA, que trabaja de manera conjunta con el objetivo de avanzar en el conocimiento de estas enfermedades y en el desarrollo de estrategias de control más eficaces y sostenibles.

### Conclusiones

*M. laxa* es una amenaza sanitaria y económica de primer orden para el almendro, especialmente en zonas húmedas del interior. Conocer la biología y la epidemiología del patógeno permite actuar con precisión, anticipar las ventanas de infección y reducir la dependencia de tratamientos sistemáticos.

Con el conocimiento generado en los últimos años se ha demostrado que el manejo integrado, basado en reducir el inóculo, monitorizar el riesgo y aplicar tratamientos posicionados, transforma el control de la moniliosis del almendro en un proceso predictivo, optimizando recursos y minimizando pérdidas. La clave no es realizar más tratamientos, sino tratar mejor, interviniendo solo cuando el riesgo es real y utilizando herramientas basadas en evidencia científica.

### Agradecimientos

Este artículo se ha elaborado en base a los resultados de los proyectos ALMON, MONCONTROL (Plan Estratégico de la PAC 2014-2020) Y ALERTFLORS (Plan estratégico de la PAC 2023-2027) en el marco de los Grupos Operativos cofinanciados por el MAPA, la Unión Europea y la Generalitat de Catalunya. Queremos agradecer a Crisol De Frutos Secos SAT, Borges Agricultural & Industrial Nuts SA, Unión Corporación Alimentaria, SCCL, Ocean Almond SL, Ametlles Vicens, SL y Fruits Secs Les Garrigues SCCL su apoyo técnico.

### Bibliografía

- Casals, C., Zúñiga, E., Miarnau, X., Torguet, L., Teixidó, N., Segarra, J., & Torres, R. (2025). *Epidemiology of Monilinia laxa, the causal agent of blossom blight in almond orchards within the Ebro Valley*. Pest Management Science, 82(1): 228-240.
- Torguet L, Batlle I, Alegre S, Miarnau X (2016). Nuevas plagas y enfermedades emergentes, una amenaza para el cultivo del almendro en España. Revista de Fruticultura 49: 152-165.