

**Interreg
Sudoe**



**Co-funded by
the European Union**

An-Gel Sudoe

La presente publicación sólo refleja las opiniones del autor.

La Comisión Europea no es responsable de ningún uso que pudiera hacerse de la información que contiene

**Estado del arte en el control de heladas en Francia, España y
Portugal.**

Resumen ejecutivo



An-Gel Sudoe

Proyecto	An-Gel Sudoe (S1/2.4/F0016). “Lucha y alerta contra el riesgo de heladas primaverales en agricultura y arboricultura”
Grupo de Tareas	Estudio y definición de soluciones sostenibles
Actividad	A.1.1. Estudio del estado del arte a nivel transnacional
Entregable	E.1.1.1. Informe trasnacional del estado del arte
Nivel de difusión	Público
Fecha de validación	16/12/2024
Beneficiario responsable	Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries Àrea de Producció Vegetal Programa de Fructicultura
Beneficiarios participantes en la actividad	<ul style="list-style-type: none"> – Association Climatologique de la Moyenne-Garonne et du Sud-Ouest – Chambre d'Agriculture de la Dordogne – Invenio – NEIKER-Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario, S.A. Producción Protección Vegetal – Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Medioambiental – Instituto Politécnico de Bragança Escola Superior Agrária – Comunidade Intermunicipal Viseu Dão Lafões – Hydrometeorological Innovative Solutions, S.L.

ÍNDICE

A.	<i>Introducción.....</i>	4
B.	<i>Estudios regionales y locales sobre el cambio climático que afecta el riesgo de heladas</i>	4
C.	<i>Episodios de helada más relevantes en los últimos años</i>	5
D.	<i>Principios de las heladas.....</i>	6
E.	<i>Sistemas de defensa contra heladas</i>	7
F.	<i>Aspectos sociales de las heladas y su control</i>	9
G.	<i>Papel del Seguro Agrario en la gestión del riesgo de heladas</i>	10
H.	<i>Conclusiones y visiones del futuro de los problemas de heladas</i>	11

A. Introducción

AN-GEL Sudoe es un proyecto cuyo objetivo es reunir y ampliar el conocimiento sobre la ocurrencia de heladas primaverales en árboles frutales y viña, sus mecanismos de acción y los sistemas para luchar contra ellas en diversas zonas de Francia, España y Portugal.

El primer paso para lograr el objetivo específico propuesto en el proyecto es reunir y sistematizar el conocimiento sobre los mecanismos de helada primaveral en arboricultura y viticultura, el riesgo de su ocurrencia en el contexto de calentamiento global, así como los sistemas de control disponibles y las implicaciones sociales que conlleva su ocurrencia.

En este estado del arte, se considera también el papel de los seguros agrarios y las implicaciones sociales de las heladas y la aplicación de los métodos de lucha en cada una de las regiones y cultivos afectados.

Finalmente, se extraen unas conclusiones sobre el estado del arte de las heladas y su control, así como las prioridades en la investigación que permitan afrontar las nuevas situaciones que surgirán en el escenario cambiante como consecuencia de los efectos del cambio climático.

B. Estudios regionales y locales sobre el cambio climático que afecta el riesgo de heladas

Los resultados de los estudios sobre la evolución del clima en las últimas décadas y las proyecciones a futuro son muy similares en las diferentes zonas del proyecto.

En los últimos 70 años, desde 1950, se ha observado **un incremento de las temperaturas medias** en todas las regiones:

- España: 1,3 °C de media,
 - Murcia: 1,5°C (con diferencias entre zonas urbanas -+ 1,6°C- y rurales -+1,3°C-),
 - País Vasco: 1°C (producido entre 1985 y 2023 y especialmente en los últimos 10 años);
- Francia (Agen): 1,8°C en los últimos 30 años (aumento de la temperatura media cada diez años de +0,5°C, +0,4°C y +0,9°C en las tres últimas décadas).
- Portugal (Braganza): unos 2°C. Debido, sobre todo, al aumento de la temperatura máxima en los meses de febrero y marzo

También se ha observado una **reducción en el número de días de helada**:

- España: reducción generalizada del número de heladas al año (entre -0,04 y -0,8 días de helada al año)
 - País Vasco: El número de días con heladas primaverales desde 1984 hasta 2023 se ha reducido en 1,5 días aproximadamente.
- Portugal (Braganza). La ocurrencia de heladas en el nordeste de Portugal, a pesar de la gran variabilidad interanual, ha ido disminuyendo en las últimas décadas, especialmente en el periodo 2012-2022. En el mes de abril también se ha observado una tendencia a la baja en la aparición de heladas y a una disminución en su gravedad.

Y un aumento de las temperaturas hivernales:

- País Vasco: Las temperaturas medias de febrero y marzo muestran un incremento de unos 0,6°C desde 1984 hasta 2023 en su mayor parte producido en los últimos 30 años. La temperatura mínima absoluta en abril muestra una cierta estabilidad desde 1984 hasta 2003, y un incremento de unos 0,6°C en los últimos 20 años.

En todas las regiones se ha observado un aumento de la temperatura media, una reducción de los días de helada anuales y una menor incidencia de heladas primaverales.

Sin embargo, también se ha observado muy claramente **un adelanto en la brotación y en la fenología de todas las especies arbóreas que las convierte en mucho más sensibles ante episodios de heladas tardías**. Por ejemplo, en viña, desde 1980 se ha observado un adelanto medio en Europa de entre 15 y 20 días. En el caso del castaño en Francia, en casi 10 años, las variedades Bétizac y Marigoule han adelantado su brotación unos diez días.

Las **proyecciones climáticas** indican **aumentos de temperatura** en los próximos decenios:

- País Vasco: Se estima un aumento de 0,85°C en la temperatura media anual en los próximos 30 años, mientras que el número de días de helada primaveral no variaría en el mismo periodo.
- Agen: Aumento de temperatura entre 1,8°C y 2,8°C en los próximos 30 años. En 70 años la temperatura media Agen aumentaría entre 5°C y 6°C.
- Dordoña: las temperaturas medias podrían aumentar entre 2°C y 4 °C de aquí a finales de siglo mientras que las temperaturas mínimas aumentarían 0,95°C en 2050 y 2,94°C en 2100 con respecto a la mediana del periodo 1985-2020.

Las proyecciones también prevén una **disminución en la presencia de heladas**:

- En España va a ser especialmente importante en las cuencas del Duero y del Ebro (entre 10 y 20 días menos en 2060), mientras que en las zonas costeras de la comunidad Valenciana y Murcia la presencia de heladas será un fenómeno extremadamente raro.
- Agen: hasta 2053, se habrán perdido una quincena de heladas anuales entre octubre y abril y entre marzo y mayo hay una reducción en el número de días de riesgo de heladas.
- Dordoña: el número de días de helada se reducirá de un 30 a un 50% en 2050, llegando prácticamente a desaparecer en 2100. La fecha de la última helada se adelantaría en 10 días en 2050 y en prácticamente 1 mes en 2100 con respecto al periodo 1985-2020.

De todas formas, no hay un consenso claro sobre el efecto del futuro calentamiento global en la ocurrencia y severidad de las **heladas primaverales**. Sin embargo, no hay discusión en que **la brotación de la vegetación a la salida del invierno se producirá cada vez más precozmente, aunque con diferencias entre las regiones**. Por ejemplo, en el caso de viña se prevé un avance de 28 a 31 días en Alemania y de 7 a 11 días en España.

En todo caso, y siempre en un contexto de alta incertidumbre, es probable que disminuya el número de heladas primaverales, pero en el momento en que se produzcan los efectos serán mucho más graves por la mayor cantidad de cultivos en estadio sensible que pueden encontrarse en ese momento.

C. Episodios de helada más relevantes en los últimos años

En cada zona climática, los episodios de heladas más dañinos se producen en distintos momentos que dependen de las condiciones meteorológicas y, de los cultivos a los que afectan.

En las zonas productoras de fruta dulce **francesas del Garona medio y del Valle del Ebro** en España los episodios más relevantes de heladas primaverales suelen darse a **principios de abril**. Los más recientes fueron los días 3 y 4 de abril de 2022 y el 5 y 6 de abril de 2021, que causaron importantes pérdidas de producción en ambas zonas.

En la zona de **Murcia**, en España, las heladas más graves se producen habitualmente en el mes de **enero** (10-12 enero de 2019 y 23-24 de enero de 2023) debido a que la fenología de los frutales de esta región es mucho más temprana que en el resto de las regiones.

Por el contrario, en el **País Vasco**, **las heladas de mediados y finales de abril** son las más peligrosas puesto que afectan a la viña que ya se encuentra en un estado sensible.

En la zona del castaño de la **Dordoña y los frutales en Portugal**, las heladas pueden con daños sobre los cultivos se observan durante **todo el mes de abril**.

En todas las regiones se recuerdan las heladas de febrero de 1956 puesto que como consecuencia de una ola de frío polar que afectó a toda Europa, se alcanzaron temperaturas inferiores a -20°C durante varios días consecutivos, lo que ocasionó la pérdida de muchas de las especies mediterráneas en todas las zonas.

D. Principios de las heladas

Conocer los principios físicos de las heladas es fundamental para comprender su funcionamiento y las posibilidades de los diversos sistemas de luchas contra ellas.

Las heladas se producen cuando el balance entre la energía recibida y almacenada por un órgano vegetal sensible y la energía emitida por ese órgano es negativo y la pérdida de energía que se origina en este proceso hace que la temperatura sitúe por debajo de los umbrales de sensibilidad y se produzcan daños en los órganos. Estos umbrales varían en función de las especies y del estado fenológico de las plantas, siendo el periodo más sensible en el caso de frutales, el de floración y cuajado de los frutos.

A nivel conceptual, las heladas, se producen por procesos físicos de radiación, advección y/o evaporación.

En el caso de las heladas de **radiación**, el descenso de la temperatura es el resultado de la pérdida de calor a través del proceso de radiación por el que el balance entre la energía emitida por el suelo y las plantas hacia el ambiente respecto a la energía recibida por el ambiente y a la almacenada en estos cuerpos es tan negativo que provoca un descenso de la temperatura, que, si es inferior a la temperatura umbral en los cultivos, provocará daños en producción o calidad. Son las heladas más frecuentes en las zonas incluidas en el proyecto. Se producen en situaciones anticiclónicas con presencia de aire frío y seco en todo el espesor de la atmósfera, con cielo despejado y ausencia de nubes que impidan la pérdida de energía por radiación. En estas condiciones se produce inversión térmica que hace en las capas de aire en contacto con el suelo y las plantas estén más frías que las situadas a una cierta altura. Es el tipo de helada más asequible para luchar contra sus efectos con los diversos sistemas de defensa.

Las heladas de **advección**, también conocidas como “heladas negras” se produce por un desplazamiento horizontal de una masa de aire fría que, en nuestras regiones, corresponde a una invasión de aire de norte a noreste, provocando una temperatura negativa, sea cual sea la cobertura del cielo o la humedad del aire. Este tipo de helada puede producirse a cualquier hora del día y es más probable que se produzca en invierno y en el este de Francia. Al traer aire seco y frío, suele crear condiciones propicias para que se produzcan heladas de radiación en las noches siguientes, cuando el viento se detiene, aumentando considerablemente los daños (como sucedió en febrero de 1956 o enero de 1985).

Las heladas por **evaporación** se producen cuando las plantas sensibles se cubren de rocío o agua tras un chaparrón o un riego interrumpido, y la temperatura ambiente se aproxima de 0°C a -2°C . Si en estas condiciones, se produce una ligera agitación del aire y el aire más seco entra en contacto con las plantas húmedas, parte del agua se transformará en vapor extrayendo energía de las plantas mojadas. Esto provocará un descenso brusco de la temperatura de las células vegetales que provocará daños si desciende por debajo del umbral de daños durante un tiempo suficiente.

Aunque estos tres tipos de heladas pueden identificarse y explicarse objetivamente, en la realidad pueden producirse simultánea o sucesivamente en una misma noche, lo que dificulta su análisis e interpretación en el momento.

E. Sistemas de defensa contra heladas

Los métodos de **defensa pasiva** frente a heladas son aquellos sistemas, actividades y prácticas que podríamos llamar también "preventivos" y que se aplicarían antes de que se produzca la helada para intentar minimizar sus efectos si esta se llega a producir.

Una buena protección contra las heladas empieza desde el mismo momento en que se plantea el proyecto de una plantación. El estudio de las probabilidades de helada y riesgo de daños en la zona junto con un estudio microclimático de la parcela es imprescindible para asegurar una correcta ubicación de las plantaciones y evitar sobresaltos económicos una vez que la inversión de la plantación (en ocasiones muy elevada) ya está realizada.

Una vez realizada la plantación hay una serie de actividades y prácticas que tienen un efecto sobre los daños provocados por las heladas y que podrían reducir la necesidad de medidas de lucha activas. En nuestras condiciones, algunos métodos de protección pasivas serían:

- Una **correcta nutrición** equilibrada sin excesos de productos fertilizantes
- **Sistemas de formación y poda** adaptados. Como árboles altos o podas tardías en viña.
- Un correcto **manejo del suelo**. El suelo compactado, sin cobertura de hierba (o con hierba muy baja) y con un contenido de agua a capacidad de campo sería la situación más favorable para la capacidad de almacenamiento y transmisión de calor del suelo.

Los sistemas de **protección activa** son aquéllos que se ponen en funcionamiento cuando se producen las heladas para evitar al máximo posible sus efectos adversos. Existen varios tipos en función del principio físico en que se basa su acción.

Los primeros sistemas se basan en aportar agua, de forma continua y en cantidad adecuada, a fin de que el calor latente que se genera cuando se hiela esta agua mantenga la temperatura de los órganos sensibles por encima del umbral que les cause daños. Esto se hace con instalaciones de riego por **aspersión** (con caudales de entre 35 y 45 mm/hora). En las zonas menos propensas, y en las que los recursos hídricos son menos abundantes, se utilizan microaspersores de aplicación continua o intermitente (con caudales de entre 12 y 30 mm/hora y menor presión de funcionamiento) situados tanto bajo los árboles como sobre ellos. Son los sistemas de defensa más ventajosos porque permiten un incremento de temperaturas considerable en todo tipo de heladas y su coste es el más bajo en relación con la protección obtenida (entre unos 600 y 1.200 €/ha y año). Su limitante más importante es la elevada cantidad de agua (juntamente con la seguridad de su disponibilidad) que se necesita para asegurar que el sistema pueda funcionar sin interrupción durante las horas necesarias. Igualmente, algunas especies frutales no soportan bien los fenómenos de asfixia radicular que se pueden producir temporalmente con su uso.

Los sistemas de **ventiladores fijos o portátiles solo funcionan en situaciones de inversión térmica**, sin viento y su eficacia depende en gran medida en la diferencia de temperatura entre las capas de aire y de la distancia al ventilador. Su coste de funcionamiento es más elevado que los sistemas con agua. (alrededor de 1700-1800 €/ha y año para 10 horas de helada) y el nivel de protección que ofrecen es limitado y, en muchas ocasiones, incierto.

Los sistemas con **estufas o calefactores móviles** aportan calor en forma de radiación o convección, mediante la combustión de diversos materiales: gasóleo, gas, pellets, briquetas o restos de biomasa vegetal. También han sido utilizadas extensamente las velas (botes) de parafina. La eficacia depende de la cantidad de puntos de emisión que se instalen y de la potencia calorífica

de cada uno. Para conseguir incrementos de temperatura apreciables (2,5-3°) es necesario un número elevado de unidades (60 a 400 por ha según el modelo) y su coste de funcionamiento es bastante elevado (entre 2500 y 5000 €/ha y año con 10 horas de helada por año). Son sistemas que necesitan mano de obra abundante en su manejo, encendido y mantenimiento y los combustibles derivados del petróleo son poco sostenibles y generan una elevada cantidad de humo. Serían sistemas adecuados en parcelas pequeñas, cultivos de alto valor y heladas poco frecuentes cuando no sea posible aplicar otros métodos.

En definitiva, no existe ningún sistema que pueda adaptarse universalmente y todos tienen aspectos positivos, negativos y limitaciones que hacen que sean más o menos aplicables en los diversos contextos productivos. En todo caso, **los sistemas basados en la aportación de agua (cuando está disponible) son los más interesantes para el control activo de heladas.**

Por lo que respecta **al uso de productos químicos en la protección contra heladas**, en el mercado internacional existe una amplia oferta de productos que se venden bajo el reclamo de mitigar los daños por heladas. El modo de acción de estos productos varía en función del tipo de producto y su formulación. Tradicionalmente se había utilizado el etefon y otros fitoreguladores para retrasar la fecha de floración y escapar del periodo de riesgo de heladas, sin embargo, el uso de este fitoregulador no está autorizado en algunos países y su aplicación puede suponer un riesgo en la disminución del rendimiento productivo. El Paclobutrazol, el ácido abscísico (ABA) y los aceites minerales (y vegetales) se han ensayado también como retardantes de la vegetación.

La capacidad de algunos nutrientes minerales (potasio, calcio, boro y ácido orto silícico) para proteger los cultivos contra el estrés por frío y reducir los daños de las heladas ha sido evaluada por distintos autores. Sin embargo, a partir de los resultados de la literatura científica, se observa que la eficacia de estos nutrientes es variable y depende del tipo de nutriente, cultivo y condiciones de aplicación y desarrollo de las heladas. A nivel experimental, algunas moléculas orgánicas como aminoácidos libres poliaminas, proteínas anticongelantes, oligosacáridos o nanocristales de celulosa, han mostrado tener un cierto efecto sobre el aumento de la resistencia de determinados cultivos a las heladas.

Actualmente, se pueden encontrar en el mercado productos antitranspirantes y bioestimulantes que comercialmente afirman tener actividad sobre la resistencia a heladas. Los antitranspirantes se basan habitualmente en resinas de tipo beta-pineno mientras que los bioestimulantes consisten en la combinación de diversos tipos de componentes (polietilén glicol, sales minerales, antioxidantes como el alfa-tocoferol, fosfolípidos o hidratos de carbono). En algunos casos existen estudios científicos que avalan la eficacia de estos productos (*Basfoliar® Frost Protect; Kryoss*) pero, en muchos casos, esto no sucede y existe poca información fiable sobre su modo de acción y la mejora aportada. Sería interesante continuar con la experimentación en condiciones controladas de estos productos que pudieran aportar cierta protección (aunque fuera parcial) dentro de una estrategia combinada de lucha contra las heladas.

F. Aspectos sociales de las heladas y su control

Las heladas, las medidas adaptadas para luchar contra ellas y sus efectos sobre la producción y calidad de los cultivos afectados tienen una incidencia social relevante tanto en los productores afectados como en la sociedad que convive con ellas, pero sin tener una relación directa con la producción agrícola.

La **visión de los productores** sobre la gestión de los riesgos de heladas y el uso que hacen de los medios de defensa tienen una gran importancia en el aseguramiento de la producción de determinados cultivos y en su desarrollo y sostenibilidad a largo plazo.

Por otro lado, teniendo en cuenta que la población activa dedicada a la producción agrícola es cada vez menos numerosa (en Catalunya apenas supera el 1% de la población activa total) y representa un porcentaje cada vez menor de la economía, **la respuesta social** de las personas no relacionadas con la agricultura en los aspectos relacionados con la ocurrencia de las heladas y los mecanismos de defensa contra ellas puede condicionar cada vez más su aplicación.

La presencia de humos o partículas procedentes de la combustión de materiales para la protección de cultivos por aporte de calor, el ruido generado por las torres de ventilación o la competencia por la utilización de agua para proteger los cultivos frente a otros usos puede condicionar la posibilidad de usar estos sistemas de defensa y, en algunos casos, comprometer la viabilidad de algunos cultivos o variedades en algunas zonas.

En este sentido, en las diferentes zonas donde se desarrolla el proyecto se ha realizado una valoración de los condicionantes y reacciones sociales que aparecen en torno a las heladas y a su control.

En el **País Vasco**, los cultivos sensibles a los efectos de las heladas (viña para vinificación) se concentran en zonas muy específicas, de la Rioja Alavesa que tienen un carácter eminentemente rural y la producción vitícola es la base de la economía local. En este contexto, la defensa frente a las heladas es conocida, aceptada y genera muy poca reacción social.

A pesar del valor apreciable de la producción, por el momento **la inmensa mayoría de los productores no aplican sistemas de lucha activa contra las heladas en la viña.**

En la **Región de Murcia** la producción de frutas y hortalizas tempranas es una de las principales actividades agrarias. **El alto valor de estos productos hace que la defensa contra las heladas sea una actividad relevante en el mantenimiento de la producción a lo largo de los años.** Desde el punto de vista social, la mayor problemática viene generada por la quema de sustancias que se utiliza muy frecuentemente para luchar contra las heladas en la Vega de Murcia con la consiguiente generación de humos. Esta situación afecta tanto la salud pública como el medio ambiente en las poblaciones más cercanas a las zonas productoras (Cieza, Abarán o Molina de Segura) y en ocasiones genera controversias de carácter social. La implementación de prácticas agrícolas más adecuadas y la adopción de tecnologías limpias serán esenciales para mitigar los efectos negativos en las poblaciones circundantes.

Lleida es conocida mundialmente por la fruta dulce, que ocupa unas 34.000 hectáreas, aproximadamente el 82% del total catalán en superficie frutícola y siendo un referente en fruticultura en el conjunto del Estado Español.

La protección frente a las heladas de estos cultivos siempre ha sido una **preocupación de los productores**, que se ha acrecentado en los últimos años debido a los diversos episodios de heladas importantes que se han producido. Esto se ha traducido en una mayor inversión en

An-Gel Sudoe

sistemas de defensa activa, especialmente en **instalaciones de aspersión y microaspersión** (en las zonas con disponibilidad de agua) y en menor medida, en torres de ventilación, velas o estufas.

Por otro lado, el tema de las heladas y los métodos de control empleados no suelen provocar conflictos sociales más allá de las molestias generadas cuando se emplean sistemas que producen humo en las cercanías de las ciudades más importantes y especialmente la capital de la provincia.

En la zona productora de castaños en el suroeste de **Francia**, el efecto de las heladas sobre la disminución de producción es muy considerable (hasta un 70% en las peores condiciones). A pesar de esto, **los productores no aplican sistemas de lucha activa y se limitan a intentar cuadrar el balance económico de la producción**, teniendo en cuenta que muchos de ellos se dedican a otras actividades diferentes de la producción de castaños. En el caso de las vides y los huertos, el control se aplica en las parcelas de altos ingresos, como las de kiwis y manzanas, siendo el agua el medio de control preferido. Cuando se utilizan torres eólicas, suelen surgir problemas con los vecinos, que pueden reducirse con una buena comunicación. Los humos ya no se consideran un medio eficaz de control, lo que anula las quejas por problemas de salud o simplemente por el riesgo de accidentes de tráfico debido a la reducción de la visibilidad.

En **Portugal**, aunque la ocurrencia de heladas en primavera es muy frecuente en algunas regiones, especialmente en el interior del país y sobre todo en el nordeste, donde la producción frutícola tiene una importancia económica y social significativa, **el uso de métodos activos de protección contra las heladas es bajo** y se limita a unos pocos productores. En consecuencia, los aspectos sociales o económicos más relevantes están relacionados con las pérdidas productivas y sus consecuencias para la sostenibilidad económica de los productores y de las cooperativas y otras empresas del sector. El seguro de cosecha minimiza estos impactos, pero no es suficiente para garantizar la sostenibilidad de la actividad agraria a medio y largo plazo.

G. Papel del Seguro Agrario en la gestión del riesgo de heladas

El seguro agrario es una parte fundamental en la cobertura de los daños producidos por heladas en los diversos países. El sistema está muy desarrollado en los tres países del proyecto. En todos los casos tienen una importante base legislativa que establece las bases de su funcionamiento.

El nivel de contratación está aumentado especialmente en España y en Portugal donde los agricultores reciben una importante subvención en las primas de los seguros que puede llegar hasta el 70% de su valor (en Portugal).

En el contexto actual con un riesgo creciente de que aumenten los fenómenos extremos, todos los sistemas buscan mecanismos para **asegurar su sostenibilidad** que pasan por seleccionar los riesgos asegurables y adaptar las coberturas a la nueva situación climática con la contrapartida de aumentar el apoyo y las subvenciones a la contratación de pólizas especialmente en el caso de colectivos prioritarios como jóvenes agricultores profesionales y explotaciones agrarias prioritarias.

H. Conclusiones y visiones del futuro de los problemas de heladas

Después de efectuar un repaso de los diferentes aspectos que concurren en la incidencia de las heladas sobre los cultivos y de los métodos de defensa disponibles, se pueden extraer algunas conclusiones y reflexiones sobre la situación actual, la evolución y los aspectos más relevantes sobre los que habría que incidir en el manejo futuro de estos eventos.

A pesar del aumento global de las temperaturas, los daños producidos por las heladas primaverales podrían aumentar de forma importante. La combinación de temperaturas invernales más suaves que modificaran la fenología de los cultivos, adelantando la aparición de los estadios más sensibles junto con episodios de invasión de aire polar, esporádicos pero intensos, puede incrementar las pérdidas económicas en los cultivos debido a estas heladas.

Por tanto, los métodos de defensa contra estas heladas van a jugar un papel fundamental en los próximos años.

Los métodos de defensa pasiva van a cobrar cada vez más importancia porque constituyen el sistema más eficiente y económico de evitar los daños por heladas. El **conocimiento microclimático** a nivel de parcela de producción juntamente con los estudios de riesgo **actualizados** serán fundamentales en la toma de decisiones sobre nuevas plantaciones. En este sentido, los recientes trabajos realizados en Murcia con este objetivo pueden ser un ejemplo para seguir en otras zonas productoras.

Igualmente, el estudio del impacto a nivel local de otras **técnicas de defensa pasiva de bajo costo y fácil aplicación** (retraso de podas, manejo de suelo y su cobertura, manejo del riego cuando esté disponible) debería ser prioritario. Del mismo modo, el efecto sobre las heladas y el manejo óptimo de estructuras de protección de cultivos como las coberturas plásticas, mantas térmicas o las mallas anti-pedrisco son también interesantes.

En esta línea, entre las actividades de este proyecto An-Gel Sudoe se encuentra el estudio de la **poda tardía aplicada** a viñedos del País Vasco y el efecto en el balance térmico de las parcelas de diferentes instalaciones y sistemas de manejo (estructuras de protección combinadas con manejo de la cubierta vegetal suelo y del contenido de agua de este).

Igualmente, la utilización de **cartografía térmica** es una buena herramienta para determinar diferencias de temperatura a nivel de las parcelas basadas tanto en su posición geográfica como en el manejo del suelo y el agua. En el proyecto An-Gel Sudoe se efectuarán también este tipo de mediciones en superficies grandes de diversas zonas productoras.

La mejora de los modelos de previsión meteorológica y de los sistemas de alerta de heladas repartidos por la región productora (estaciones piloto), coordinados con las alertas a través de boletines técnicos y medios de transmisión digitales permitirán a los profesionales de los diversos cultivos anticipar y planificar mejor la aplicación de las estrategias de protección contra las heladas

Con respecto a las técnicas de protección, la estrategia activa destinada a **aumentar la capacidad radiativa del suelo** manteniendo su saturación de agua durante el periodo crítico de las heladas primaverales parece una vía prometedora. Sin embargo, es necesario adaptarla a la fisiología de los cultivos (especialmente el castaño, que no tolera el exceso de humedad) y a las capacidades técnicas de aplicación de agua. La aplicación de esta técnica, combinada con una gestión de la cubierta vegetal que permita conciliar la optimización de las condiciones térmicas del suelo (mejores con suelo desnudo) con las ventajas de mantener la cubierta vegetal, es un desafío importante para la mejora del control de heladas.

La optimización de las técnicas de protección activa más importantes también es otro desafío que se va a estudiar en este proyecto.

El sistema de protección basado en la **aplicación de agua sobre las plantas mediante aspersión** o microaspersión es el que permite un mayor grado de cobertura en las diferentes condiciones climáticas en que pueden producirse las heladas. Sin embargo, en un contexto de escasez y de presión social para reducir el consumo y aumentar la eficiencia en el uso del agua, la utilización de los nuevos sistemas de aplicación (microaspersión pulsada de bajo volumen y microaspersión localizada) será fundamental. Para ello es necesario experimentar con estos sistemas para determinar su comportamiento y sus limitaciones y optimizar los diseños y manejos de las instalaciones. En este sentido, en el proyecto An-Gel Sudoe se instalarán varias parcelas piloto con diversos sistemas de este tipo que permitirá aumentar el conocimiento sobre los mismos.

Ante la continua aparición de **productos químicos** con diferentes sistemas de acción cuyo reclamo de venta son la protección frente a las heladas sería muy indicado realizar ensayos de eficacia controlados para validar su efectividad real.

La utilización de cartografía mediante drones con cámara térmica va a permitir comprobar la eficacia de las **torres de ventilación** a lo largo del terreno circundante y al mismo tiempo ver el efecto de la desecación producida por la corriente de aire en la resistencia a la helada. En este sentido el efecto de este fenómeno sobre las bacterias de congelación será interesante.

Para finales de 2026, después de la realización de las experiencias y el intercambio de datos y experiencias entre las diversas zonas habremos avanzado en el conocimiento y en la propuesta de soluciones eficaces para el control y la disminución de daños provocados por las heladas primaverales.