



HELADAS GOLPE DE SOL



**AGREGACIÓN DE VALOR A LA PLATAFORMA AGROMET DE LA RED
AGROMETEOROLÓGICA NACIONAL (RAN) UTILIZANDO SISTEMA PILOTO PARA ENVÍO
DE ALERTAS METEOROLÓGICAS Y EL MEJORAMIENTO EN LA GESTIÓN DE DATOS**

Proyecto ejecutado con el apoyo de FIA, la Agencia de Innovación del Ministerio de Agricultura.
2022 - 2024



ALERTA DE EVENTOS ADVERSOS PARA LA AGRICULTURA EN WWW.AGROMET.CL

La información agrometeorológica es fundamental para la adaptación del sector agropecuario a la variabilidad climática. Para esto, la Red Agroclimática Nacional (RAN), en su portal Web **www.agromet.cl** cuenta con un sistema de alerta de eventos adversos para la toma de decisiones de los agricultores, que busca facilitar el acceso de la información agroclimática a los productores agropecuarios, quienes son los beneficiarios directos de la Red Agrometeorológica Nacional.

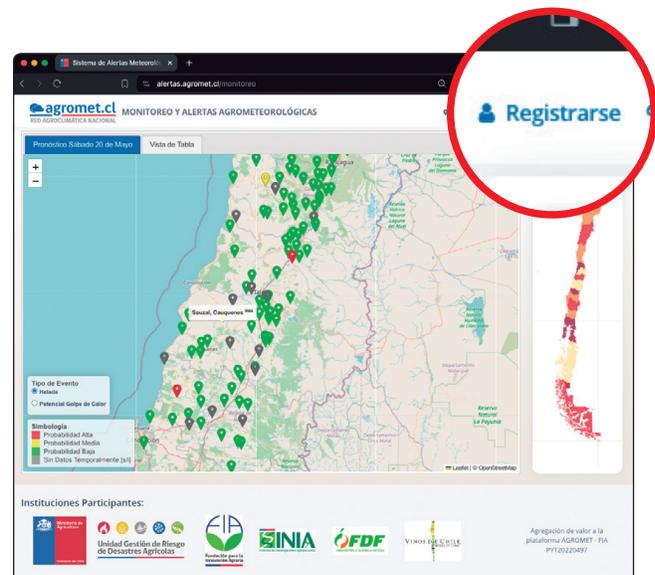
Agromet.cl ha implementado un sistema de alerta que permite aumentar la cobertura territorial del sistema de alerta de heladas que operaba desde el 2016 en el sitio web AGROMET y también incorpora una alerta a la ocurrencia del llamado “golpe de sol” a través de la probabilidad de ocurrencia de temperatura máxima sobre 29 °C. Ambos eventos meteorológicos adversos son pronosticados y publicados oportunamente en este portal Web. Si un usuario se registra puede recibir la información mediante un mensaje de texto en su teléfono celular (SMS) o a través de su correo electrónico, mejorando la oportunidad de acceso a la información por parte de los agricultores.

El sistema de alerta y sus posteriores optimizaciones han sido apoyados por FIA, la Agencia de Innovación del Ministerio de Agricultura, en conjunto con las instituciones miembros de la Red Agroclimática Nacional (RAN) como el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), la Fundación de Desarrollo Frutícola (FDF) y Vinos de Chile A.G., con el apoyo de la Unidad de Gestión de Riesgo Agroclimático (UGRA) de la Subsecretaría de Agricultura.

Acceso al Sistema de Alerta Temprana

En el menú superior del sitio web AGROMET (**www.agromet.cl**) podrá acceder al sistema de alerta, donde se ha implementado el monitoreo específico de la ocurrencia de heladas y de golpes de sol.

La información se puede ver sin necesidad de registrarse. Si el usuario necesita que se le envíe la alerta a su teléfono móvil o al correo electrónico, necesita registrarse, debe hacer clic en la opción “Registrarse” en el menú superior y escribir los datos solicitados en el formulario que se desplegará en la pantalla.

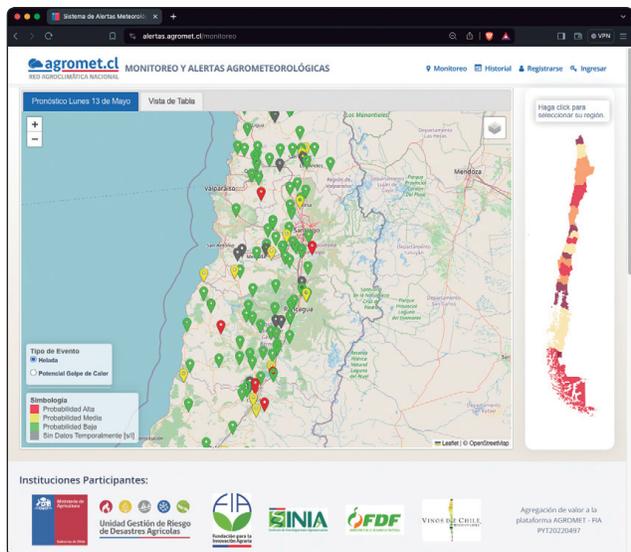


Monitoreo

En la sección de monitoreo el usuario podrá ver dos tipos de eventos adversos de interés para la producción agrícola: las heladas y la ocurrencia de temperaturas sobre 29 °C como indicador del “Golpe de sol”.

Las heladas adquieren mayor importancia para la agricultura, cuando ocurren durante algunos estados fenológicos sensibles a temperaturas bajas. Las temperaturas cálidas, por otra parte, pueden producir daño desde la floración hasta el final de la cosecha, en especies frutales, particularmente cuando se combinan altas temperaturas máximas con alta radiación incidente.

La información de alerta es construida a partir de los datos registrados en las estaciones meteorológicas que contribuyen a la RAN y queda disponible para quien quiera acceder al sistema. Si el usuario está registrado podrá recibir la información de alerta en su mail o teléfono móvil. Si no, la podrá ver en el computador conectado a internet.



Para acceder de forma rápida a la información de una región del país se puede hacer clic sobre la región escogida en el mapa situado a la derecha del visor del portal Web. Con esta acción se mostrará la información de esa región.

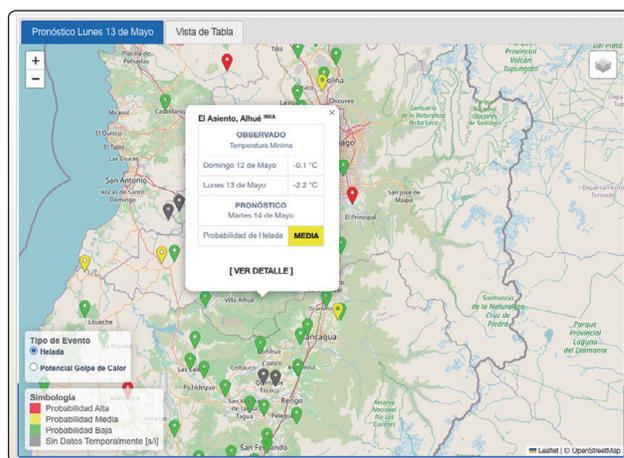
Para tener la información de un "Tipo de Evento" se puede marcar el recuadro que aparece en la esquina inferior izquierda de la pantalla para visualizar la probabilidad del pronóstico, según la siguiente escala de colores:

- **Rojo:** el pronóstico indica una probabilidad alta de ocurrencia del evento.
- **Amarillo:** indica una probabilidad media.
- **Verde:** indica una probabilidad baja de ocurrencia del evento.

Cuando el marcador de una estación está de color gris indica que no tiene su información actualizada.

También, se puede ver información más detallada respecto a la estación escogida haciendo clic en el marcador que indica la localización de la estación en el mapa. Con ello se tiene acceso al pronóstico de heladas o el pronóstico de golpe de sol, el historial de estos eventos en dicha estación, un meteograma con los datos que ha registrado la estación en las últimas horas y una recomendación para lo que se denomina "ventanas de aplicación".

Los eventos adversos de origen meteorológico en la agricultura son variados y su efecto negativo va a depender de la especie agrícola afectada y el momento fenológico de las plantas.



TIPOS DE HELADAS

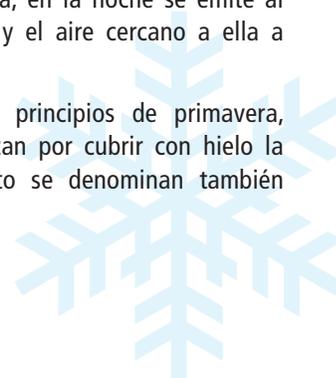
Se pueden reconocer fundamentalmente dos tipos de heladas que afectan en mayor o menor intensidad a la agricultura chilena: heladas por radiación y heladas por advección.

Helada de radiación

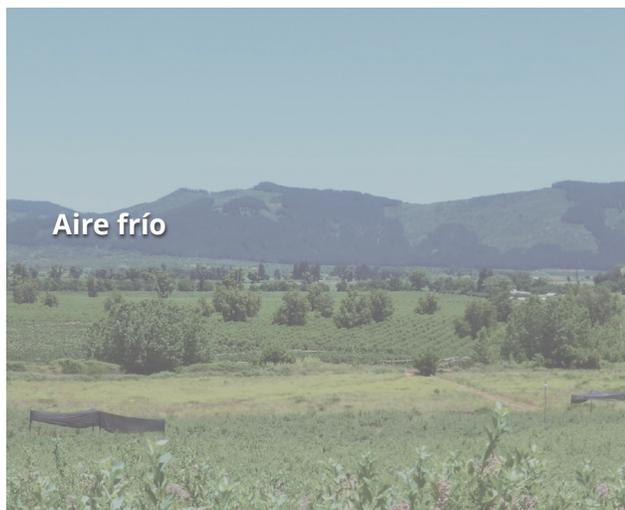


Ocurren por la pérdida de calor desde la superficie del suelo, durante una noche despejada y atmósfera seca. La radiación que el suelo ganó durante el día, en la noche se emite al espacio, enfriando la superficie y el aire cercano a ella a temperaturas bajo 0 °C.

Preferentemente en invierno y principios de primavera, de junio a agosto. Se caracterizan por cubrir con hielo la superficie del follaje y por esto se denominan también "heladas blancas".



Helada de advección



Advección se define como la acción de arrastrar o llevar algo. En meteorología el concepto se expande a la llegada de una masa de aire a un territorio.

Estas masas de aire frío son de origen polar, y traen baja humedad y temperatura que afecta a amplias zonas del territorio tanto en superficie como en altura, siendo las más dañinas. Es denominada "helada negra", por el color que presentan las plantas quemadas por la helada.

Ocurren principalmente durante la primavera (septiembre a noviembre), pero si bien en Chile son menos frecuentes, causan los mayores daños debido a que provoca un descenso muy rápido de la temperatura y por un tiempo prolongado y con temperaturas mínimas que suelen ser inferiores a $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$., pudiendo dejar grandes áreas afectadas con pérdida total de plantas, flores o frutos.

El aire frío es más denso y por tanto se va depositando en los sectores más bajos del terreno, la temperatura a nivel de suelo puede ser inferior entre 1 y $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ respecto de los sensores de temperatura, normalmente ubicados a 1,5 m de altura. Por lo tanto, el mayor daño podría observarse en la parte inferior del árbol.

Caracterización de algunas zonas por heladas

| Región | Zonificación | Estación representativa | Promedio heladas anuales (sobre periodo de 13 años) |
|---------------|--------------------------------|-----------------------------------|---|
| Valparaíso | Precordillera | San Esteban | 4 |
| | Valle interior central | San Felipe, Santa María | 25 |
| | Valles con influencia marítima | Hijuelas, Llay Llay | 16 |
| Metropolitana | Precordillera | Huelquén | 19 |
| | Valle interior central | Calera de Tango, Buin | 19 |
| | Valles con influencia marítima | Melipilla | 5 |
| O'Higgins | Precordillera | Los Maquis | 4 |
| | Valle interior central | Mostazal, Codegua | 30 |
| | Valle interior central | Quinta de Tilcoco, Placilla | 16 |
| | Valles con influencia marítima | Santa Cruz | 17 |
| Maule | Precordillera | Las Lomillas, San Clemente | 24 |
| | Valle interior central | Tres Esquinas, Curicó, S. Familia | 21 |
| | Secano costero | Rarín, Vichuquén | 31 |
| Ñuble | Precordillera | Coihueco | 58 |
| | Valle interior central | Ñiquén, San Nicolás | 12 |
| | Secano costero | Quillón | 11 |
| Biobío | Precordillera | Mulchén | 35 |
| | Precordillera | Las Viñas | 12 |
| | Valle interior central | Negrete | 23 |
| Araucanía | Precordillera | Cunco | 54 |
| | Valle interior central | Allipén | 11 |
| | Valle interior central | Gorbea, Traiguén | 29 |

Heladas mixtas

Son poco frecuentes, pero más que un tipo de heladas corresponden a la combinación de ambos factores (advección más radiación). La helada mixta se produce cuando después de haber sido invadida un área geográfica por una masa de aire muy frío (generalmente polar), se despeja el cielo y permite un enfriamiento adicional.

Prevención de daños

Hay varios métodos y tecnologías para el combate de las heladas, que permiten prevenir daños al cultivo.

• Emisión de calor

Mediante la quema de algún combustible se entrega calor al aire del huerto. Requiere de calefactores que puedan mantenerse encendidos por hasta 10 horas y que emitan calor hacia arriba y hacia los lados. Se pueden lograr aumentos significativos de temperatura (más de 3 °C). Presenta limitaciones por mano de obra para la instalación y retiro de los calefactores una vez terminada la temporada, y por el espacio para su almacenaje. Si esta técnica se efectúa con combustibles inapropiados, puede presentar problemas ambientales. Existen emisores móviles, pero requieren una aplicación frecuente durante la noche.

• Movimiento de aire

Consiste en mover masas de aire mezclando zonas de aire con diferente temperatura y por ello sería sólo aplicable en heladas por radiación. En el caso de heladas por advección, podría potenciarse la extensión del daño, a excepción que exista inversión térmica a baja altura. En general se utilizan torres con ventiladores, fijas o móviles, e incluso helicópteros. Los modelos más antiguos pueden presentar problemas ambientales derivados del ruido. Los sistemas más modernos poseen calefactores adosados al mástil de la torre, y otros, adosan aspersores. Este sistema cubre entre 6 y 7 ha por cada ventilador dependiendo del tamaño de la hélice y la topografía del huerto.



• Aspersión de agua

Frente a una situación de helada advectiva, la alternativa más eficiente para su control es la aspersión de agua sobre el cultivo, usando aspersores. Esta técnica se basa en la liberación de calor (80 cal/g) que ocurre cuando el agua se congela. Puede proteger las plantaciones en estado susceptible (flor o fruto cuajado) contra heladas de -5 a -7 °C. Es de alto consumo de agua, pues requiere aspersión permanentemente mientras dure la helada. Se debe activar antes que la temperatura baje de 1 °C.



• Protectores de frío

También llamados crioprotectores son compuestos que se aplican para proteger a las plantas contra los efectos de las heladas. Estas sustancias actúan disminuyendo el potencial hídrico de los tejidos y con ello su punto de congelación.

• Prácticas culturales

Determinadas prácticas culturales hacen que el suelo absorba más calor en el día y libere más en la noche. Entre las más recomendadas se pueden citar:

- Mantener muy corta la cubierta de pasto o vegetación y mantener la hilera de plantación limpia, evitando el movimiento del suelo.

- Mantener el suelo húmedo. Esto mejora la transferencia de energía, pues absorbe y libera más energía que un suelo seco. Sin embargo, cuando el suelo está recién regado aumenta la evaporación y la pérdida de energía por evaporación contrarrestaría los beneficios de la absorción de radiación solar por el suelo durante el día.
- Cortinas corta-viento, ya sea artificiales o naturales ubicadas en el perímetro por donde ingresa aire frío en determinadas ubicaciones: a pie de laderas, etc.
- Árboles de cobertura. En algunos países ha dado resultado el intercalar árboles más altos en el cultivo, la proyección del árbol mayor protege de las heladas al cultivo. FAO cita ejemplos como palmeras entre cítricos en Estados Unidos.
- Uso de carpas podría disminuir los efectos nocivos de las heladas advectivas, al limitar el acceso de masas de aire frío al interior de la superficie cubierta. Algunas experiencias han controlado heladas de hasta -2 °C, pero es importante determinar cuándo desplegar las carpas. En caso de heladas radiativas, el efecto podría ser el contrario; según el diseño, la carpa podría no permitir que el suelo acumule suficiente calor durante el día, generando mayor daño por helada.



Aptitud de los distintos métodos de control de heladas según tipo de helada

1. Sistemas de control pasivos

| Sistema | Aptitud para helada radiativa | Aptitud para helada advectiva |
|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Selecc. del sitio de plantación | ✓ | ✗ |
| Mojamiento del suelo | ✓ | ✗ |
| Eliminar cobertura vegetal | ✓ | ✗ |
| Evitar remoción del suelo | ✓ | ✗ |
| Uso de cubiertas | ✓ | ✓ |

2. Sistemas de control activos

| Sistema | Aptitud para helada radiativa | Aptitud para helada advectiva |
|---|-------------------------------|-------------------------------|
| Riego mojando el follaje | ✓ | ✓ |
| Calefactores | ✓ | ✗ |
| Torres de ventilación | ✓ | ✗ |
| Torres de ventilación con emisores de calor | ✓ | ✓ |
| Humo | ✗ | ✗ |

Daños:

Los daños producidos por la helada están muy ligados a la temperatura del evento y al estado de la fenología, y la exposición del órgano vegetativo dependiendo su efecto, entre otros factores, de la especie y del estado de desarrollo, siendo más sensibles las etapas desde botón floral hasta fruto pequeño. Por lo mismo es necesario considerar en forma muy cuidadosa la ubicación geográfica de las variedades más tempranas, que florecen antes, quedando más susceptibles a una helada. También son importantes las condiciones propias del predio, con menores temperaturas en los bajos y en las partes inferiores de laderas.

La siguiente tabla ilustra las temperaturas críticas para distintos estados fenológicos en algunas especies frutícolas.

| Estado fenológico | Temperatura crítica (desde 10% de mortalidad) | | | | |
|--|---|----------|----------------|----------------------------|----------------|
| | Vid | Círuelos | Manzanas | Arándanos | Cerezas (Bing) |
| Puntas verdes | | -6 °C | -7,8 °C | -6,0 °C (yema hinchada) | -3,7 °C |
| Inicio de brotación | -2 a -4 °C | -2.5 °C | | | -3,9 °C |
| Inicio de floración hasta floración | 0 °C | | -1,7 a -2,2 °C | -4 °C | -2.8 a -2.2 °C |
| Cuaja a Fruto formado | | | -2.2 °C | -1.1 °C | -2.1 °C |

Fuentes: INIA, FDF, U. de Talca/Centro de pomáceas, Vilab.cl

GOLPE O QUEMADURA DE SOL

El golpe de sol es un daño fisiológico que afecta a los frutos de diversas maneras, tales como cambios no deseados de color, quemaduras, acafesamiento de piel y pulpa. También gatilla otros daños fisiológicos posteriores.

La Universidad de Talca elaboró un listado de sus potenciales causales: Alta temperatura, elevada intensidad lumínica, variedades susceptibles, edad de la fruta, sistema de conducción y forma del árbol, orientación de las hileras de plantación en el huerto, vigor de la planta, estrés hídrico.

El golpe de sol afecta a prácticamente todas las especies que se cosechen entre diciembre y marzo. En manzanas se genera el daño en forma irreversible cuando la fruta se ha expuesto a alrededor de 40 °C. medidos en la piel del fruto, por un periodo de 3 a 5 horas. La diferencia entre la temperatura del aire y la de la piel de la fruta es alrededor de 10 °C., por lo cual se considera punto crítico cuando la temperatura sobrepasa los 29 °C.

En nogales, INIA señala que las condiciones para generar golpe de sol son: Temperatura del aire por sobre los 30 °C, humedad relativa menor a 30% y radiación solar mayor a 800 w/m /s, condiciones que deben presentarse, en conjunto, durante más de 3 horas consecutivas.

En arándanos, INIA ha determinado que junto con la temperatura, la radiación solar juega un rol importante en el desarrollo de golpe de sol en el fruto, presentándose daños cuando el nivel de radiación es igual o mayor a 27 Mj/m².



Prevención del daño

Hay varios métodos y tecnologías para el combate de las heladas, que permiten prevenir daños al cultivo.

- **Enfriamiento evaporativo (EC):**

Es, probablemente, la técnica más efectiva para reducir el riesgo de golpe de sol. Consiste en asperjar agua sobre el cultivo, en ciclos, para mojar la fruta y dejarla secar. El calor latente evapora el agua y enfría la fruta. Su limitación es el consumo de agua y la infraestructura para la aspersion por sobre los cultivos, aunque es la misma que se puede utilizar para control de heladas. El agua debe ser de calidad adecuada para no manchar la fruta.



- **Mallas sombra:**

Las mallas se utilizan para cubrir la copa de los árboles. Son muy efectivas, pues proporcionan sombra reduciendo así la radiación y la temperatura, que son los dos factores incidentes en el daño de sol. La selección del material más adecuado para el cobertor debe hacerse con ayuda de un asesor con experiencia, pues hay una gran diversidad de materiales que producen distintos efectos a considerar en el manejo del huerto. Su desventaja es el costo de la infraestructura y el costo operacional de extender y retirar la malla. Las mallas deben tenderse antes que se produzcan temperaturas sobre 29 °C., lo cual varía cada año.

- **Películas de partículas:**

Partículas blancas de materiales tales como caolín, arcilla, carbonato de calcio o talco aplicadas directamente a la fruta. Bloquean, reflejan y dispersan la radiación solar y en consecuencia reducen la temperatura. No requiere infraestructura, siendo menos costoso que el enfriamiento evaporativo y la malla protectora. En algunos de estos productos, la fruta requiere ser lavada en el proceso.

- **Bloqueador solar:**

Son compuestos con agentes químicos absorbentes y componentes inorgánicos que pueden disipar luz de alta intensidad, bloquear y dispersar la radiación solar. Hay muchas formulaciones y no todas son tan efectivas porque sólo bloquean la radiación solar sin tener cualidades para reducir la temperatura. Es recomendable consultar a un asesor con experiencia antes de decidir su uso.

Equipo profesional del Proyecto:

- Rodrigo Bravo, Jefe del Proyecto
Ingeniero Agrónomo, INIA.
- Leonel Fernández, Ingeniero Agrónomo
FDF - CRAN.
- Paulina Flores, Ingeniera Agrónoma
Vinos de Chile.
- Liliana Villanueva, Ingeniera Agrónoma
Unidad de Gestión de Riesgos de Desastres Agrícolas.
Subsecretaría de Agricultura.

Editor material de difusión:

- Ricardo Adonis, Ingeniero Agrónomo
FDF - CRAN.

Diseño:

- Alejandro Rademacher - Diseñador

Ed . IV 2024

Importante: Este documento entrega información general sobre tipos de heladas y daños por sol y sus medidas de prevención.

La información presentada corresponde a lineamientos generales que pueden apoyar los criterios de decisión frente a heladas y daños por sol, pero no corresponde a recomendaciones técnicas ni manejos a implementar, puesto que deben ser analizados en forma específica para cada situación y lugar. La aplicación de cualquier práctica o manejo descrito en este documento no garantiza que éstas sean siempre efectivas, dado que dependen de las condiciones y características de cada campo y localidad. Los lectores de este documento siempre deben evaluar sus propias tecnologías en conjunto con sus prácticas, localidades y cultivos. Por lo tanto los autores no asumen responsabilidad sobre el uso de esta información.