

Defensa activa de heladas tardías en el cultivo de kiwi

Jorge Lozano Miglioli, Ángela David, Alejandra Yommi, Nuria Lewczuk

Agosto 2024



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria
Argentina

Estación Experimental
Agropecuaria
Balcarce

Defensa activa de heladas tardías en el cultivo de kiwi

Jorge Lozano Miglioli, Ángela David, Alejandra Yommi, Nuria Lewczuk

Este documento es resultado del financiamiento otorgado por el Estado Nacional, por lo tanto, queda sujeto al cumplimiento de la Ley N° 26.899.

Los siguientes proyectos contribuyeron a financiar la recopilación de la información que aquí se presenta:

- *Cartera 2023-Proyecto Regional PER I029. Producto 015. A020: Desarrollo de estrategias y alternativas para el manejo del ambiente. Línea: Evaluación de estrategias para la adaptación al CC en especies frutales.*
- *1.7.2.L2.RIST.I067 - Sensores agro meteorológicos.*

Agradecemos al Ing. Agr. Ariel Serritella del Instituto de Clima y Agua por su aporte referido a la instalación de estaciones automáticas.

Diagramación: Comunicación INTA Balcarce
Ruta 226 km 73,5, (CP 7620) Balcarce, Buenos Aires, Argentina

*Este libro
cuenta con licencia:*



Agosto 2024



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria
Argentina

Estación Experimental
Agropecuaria
Balcarce

Índice

- p. 3 | Prólogo
- p. 4 | Estadios fenológicos del kiwi desde dormición a floración, su importancia y ocurrencia en el sudeste bonaerense.
- p. 7 | Efecto de las bajas temperaturas en el cultivo de kiwi.
- p. 8 | Caracterización y factores que modifican el daño de las heladas.
- p. 01 | Ocurrencia de heladas en el sudeste.
- p. 14 | Medidas de defensa contra las heladas
- p. 15 | Uso de la microaspersión como medida de control de las heladas.
 - p. 21 | Importancia de la limpieza de los aspersores.
 - p. 22 | El efecto de la microaspersión en la temperatura.
- p. 24 | Adquisición e instalación de estaciones meteorológicas.
- p. 26 | Principales conclusiones
- p. 27 | Bibliografía



Prólogo

En un sector frutícola tan diverso, el kiwi logró consolidarse en la actualidad como una de las producciones más rentables del país, concentrando su cultivo en el sudeste bonaerense. En esta zona ha encontrado óptimas condiciones agroecológicas que permiten alcanzar altos rendimientos y fruta de excelente calidad, la cual es cada vez más apreciada y demandada por el mercado nacional e internacional.

Teniendo en cuenta la importante inversión que requiere, los aspectos técnicos del manejo son un factor clave para lograr buenos resultados. En este sentido, desde INTA, la EEA Balcarce ha mantenido un contacto permanente con el sector buscando dar solución en conjunto a las problemáticas que limitan la producción.

De este intercambio surge el siguiente trabajo, que ofrece un marco conceptual del impacto de las heladas tardías sobre el cultivo de kiwi, abarcando tanto los estadios fenológicos críticos, el tipo y magnitud de los daños, así como el momento de ocurrencia en el sudeste bonaerense. Estos elementos son la base para el abordaje posterior de las medidas de defensa, y los aspectos de manejo que pueden condicionar los resultados, haciendo foco en la microaspersión como la práctica más difundida en la región.

Estadios fenológicos del kiwi desde dormición a floración, su importancia y ocurrencia en el sudeste bonaerense



En el sudeste bonaerense, el cultivo de kiwi se ha expandido de manera sostenida constituyéndose, en los últimos años, como la principal zona productora del país. El Dorado, Sierra de los Padres, Mar del Plata, Batán, Miramar y Mar del Sur, junto al Partido de General Madariaga, poseen alrededor de 650 ha implantadas, que representan más del 50 % de la superficie cultivada en el país. Esta zona provee fruta al mercado interno desde junio a diciembre, y al mercado externo en contra estación (Yommi *et al.*, 2023).

El kiwi es una especie perenne, con follaje caduco, que reinicia su actividad vegetativa en primavera con el ascenso de las temperaturas luego del reposo invernal. Los estadios fenológicos han sido descriptos para kiwi por Salinero *et al.* (2009), en base a la escala BBCH (Figura 1). Las yemas invernales en dormición (estadio 00; **yema dormida**) comienzan a hincharse (estadios 01-03; **yema hinchada**), para luego brotar (estadios 07-09; **yema brotada**) y dar lugar a las primeras hojas (estadios 10 a 19). Posteriormente, se elonga el brote hasta su largo definitivo (estadios 31 a 39). En paralelo, las yemas reproductivas, que se van desarrollando sobre el brote en crecimiento, originan los botones florales (estadio 51). Los pedúnculos de los botones se elongan (estadio 53; **botón floral**) y los sépalos se separan, dejando paulatinamente la corola al descubierto (estadios 55-56; **emergencia de la inflorescencia**), hasta que los pétalos forman una esfera hueca (estadio 57), la cual va abriéndose en forma de campana (estadio 60; inicio de floración) hasta que los pétalos quedan completamente expandidos (estadio 65; **plena floración**).

Desde que se rompe la dormición hasta llegar a plena floración, cualquier factor que afecte el normal desarrollo de la planta, y en particular, de los órganos reproductivos, va a condicionar la producción de ese año, e incluso puede repercutir en años posteriores si el daño afecta el desarrollo de los renuevos de la siguiente campaña. Es por esto que se lo considera un período crítico. En las plantas macho, puede verse afectada la cantidad y calidad de polen producido, mientras que en las plantas hembra el daño puede repercutir en el número, la forma, el tamaño y la calidad de los frutos a cosecha.



Figura 1. Estadios fenológicos de crecimiento de kiwi, desde dormición a plena floración, según la escala BBCH (Extraído de Salinero et al., 2009).



Relevamientos de los últimos 6 años, realizados en plantaciones de Miramar, Batán y Balcarce, permitieron contar con información de las fechas en las que se alcanzaron los estadios fenológicos de mayor interés (Figura 2). A pesar de la variabilidad interanual para cada estadio, se puede destacar que en la región Mar y Sierras la brotación del cultivar “Hayward” inicia a mediados de septiembre, y que los botones florales ya están visibles a mediados de octubre, continuando su desarrollo hasta llegar a plena floración entre mediados y fines de noviembre. Es importante también tener en cuenta que, debido a la precocidad juvenil, la brotación y los estadios fenológicos posteriores se van a dar con anterioridad en plantaciones jóvenes. Este período crítico, prolongado en el tiempo y de gran susceptibilidad, y que coincide con la ocurrencia de las heladas tardías, es donde hay que controlar el impacto de las adversidades meteorológicas dada la importancia de estos estadios en la formación del rendimiento.

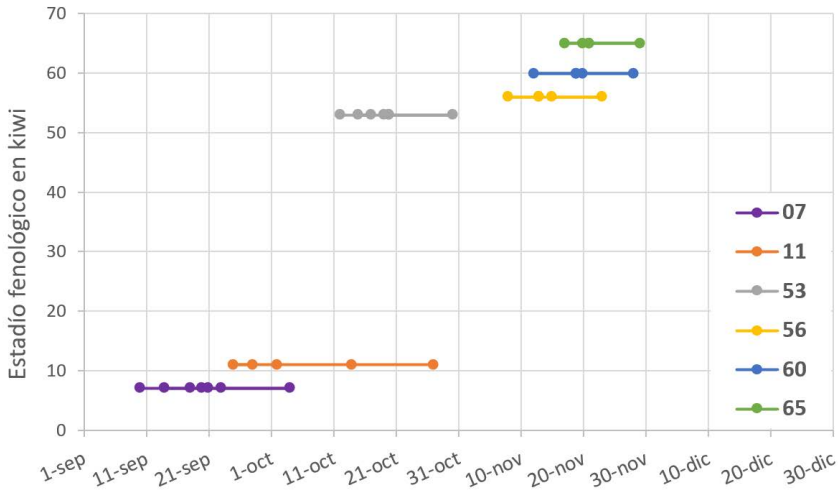



Figura 2. Variación de la fecha de ocurrencia de los principales estadios fenológicos del cultivar “Hayward” de kiwi desde brotación hasta plena floración en diferentes sitios del sudeste bonaerense y en distintos años.



Efecto de las bajas temperaturas en el cultivo de kiwi



Durante el letargo invernal, el kiwi es capaz de soportar temperaturas de hasta -11°C , sin mayores consecuencias (Testolin, 1987). No obstante, desde el comienzo de la brotación, la susceptibilidad del cultivo al frío aumenta marcadamente y la exposición a bajas temperaturas puede llegar a impactar en los órganos que están comenzando a desarrollarse. Los daños pueden consistir en un aumento del número de yemas reproductivas muertas, o en una reducción del número de brotes con yemas reproductivas y aumento de la proporción de yemas vegetativas (Testolin, 1987).

En el cultivar Hayward, cuando la helada se produce al inicio de la brotación, entre los estadios 05 y 10, los brotes afectados se observan quemados, y aunque en general vuelven a rebrotar, no alcanzan a producir flores y, por ende, tampoco fruta. El daño en las yemas durante los estadios mencionados podría llegar al 10 % si la temperatura desciende entre los $-2,1$ y $-1,6^{\circ}\text{C}$, respectivamente (Hewett y Young, 1981). El daño aumentaría al 50% con temperaturas de entre $-2,9$ y $-2,3^{\circ}\text{C}$.

Cuando la helada se produce entre los estadios 53 y 56, se puede ver que los botones florales dañados, se desprenden con facilidad de los cargadores, a causa de la necrosis en la zona de inserción. En plantaciones jóvenes (menos de 3 años) puede haber muerte completa de plantas con temperaturas inferiores a -3°C (Bullard, 1987; Lu, 1990). Se destaca, entonces, que la susceptibilidad de los estadios reproductivos es mayor a los vegetativos.

Sin embargo, el dato de la temperatura mínima registrada en una helada puntual no es suficiente para comprender la magnitud del daño; es necesario, además, conocer durante cuánto tiempo estuvieron expuestas las plantas a temperaturas perjudiciales, es decir, la duración de esa helada. Si las yemas reproductivas se someten por un tiempo de 4 horas a -1°C o de 3 horas a $-1,5^{\circ}\text{C}$ no se producirían daños, mientras que con 4 horas a $-1,5^{\circ}\text{C}$ el daño puede llegar al 36% y, con sólo 1 hora a -2°C , alcanzaría al 60% (Hewett y Young, 1981). Por otra parte, Baudry et al. (2003) plantearon que la temperatura crítica (con una duración de media hora) en puntas verdes y brotes tiernos sería de -1°C ; y para cáliz partido-flor, se encontraría en $-0,5^{\circ}\text{C}$. Además, se recalca que, a mayor duración, la temperatura crítica es más alta.

Características y factores que modifican el daño de las heladas



Las heladas se registran cuando se produce un descenso de la temperatura del aire a 1,5 metros de altura, en abrigo meteorológico, por debajo de un umbral. Es así que una helada meteorológica se presenta con temperaturas inferiores a 0 °C, mientras que una agrometeorológica tiene como límite un valor de 3 °C. Este último supone que, a nivel del suelo a la intemperie, la temperatura se ubicará próxima a los 0 °C, lo cual es relevante para la mayoría de los cultivos que poseen sus órganos vulnerables cerca de la superficie, pero para el caso del kiwi, el dato de interés es la temperatura que se registra próxima a la altura de los cargadores, donde se encuentran las yemas que darán lugar a los frutos. Para el caso de las conducciones en parral, el dato a considerar es 1,5 metros, mientras que en T-bar habrá que contar con datos a distinta altura, o por lo menos en la zona más baja que haya yemas vulnerables.

Los descensos de temperatura pueden tener distinto origen. Es así que una helada advectiva es producida a partir del ingreso de una masa de aire frío con una velocidad del viento generalmente mayor a 8 km/h y donde además, es común la presencia de nubosidad. Por otro lado, cuando el aire está calmo (viento menor a 5 km/h) y el cielo se encuentra despejado, se dan condiciones más propicias para que ocurra una helada radiativa (Perry, 1998; Powell, 2000). En la misma, una marcada transferencia de calor desde la superficie hacia la atmósfera genera un rápido enfriamiento de las capas más cercanas al suelo y el establecimiento de un estrato con aire más cálido en altura, dando lugar a la llamada inversión térmica.

Las heladas pueden distinguirse, a su vez, por el aspecto visual. Es así que se puede presentar, por un lado, una helada blanca, caracterizada por la formación de pequeños cristales de hielo sobre la superficie de las hojas y otros órganos, causando un daño leve o nulo. En cambio, cuando la humedad ambiente es baja y la formación de cristales (no visibles) ocurre dentro de los tejidos vegetales, se produce una helada negra, causando daños de mayor magnitud. La formación de un tipo u otro va a depender de la temperatura del punto de rocío, la cual está determinada por el contenido de humedad en el aire (Perry, 1998; Powell, 2000). Cuanto más baja sea la



humedad, más bajo será el punto de rocío, aumentando el riesgo de que se origine una helada negra (temperatura de punto de rocío menor a 0 °C).

El impacto de una helada puntual sobre el cultivo de kiwi va a depender, por un lado, de la edad, el estadio fenológico y el estado nutricional y sanitario de las plantas. Por otro lado, hay que conocer la intensidad, la duración y el tipo de helada que se produce.



Ocurrencia de heladas en el sudeste

El período con heladas en el sudeste bonaerense se extiende desde abril hasta octubre, lo que significa que en algunos años se pueden producir heladas de diferente magnitud en un período de alta susceptibilidad para el cultivo de kiwi. En Villa Gesell, Mar del Plata, Miramar y Balcarce, la fecha media de última helada se encuentra entre el 10 y el 15 de octubre, con una probabilidad del 1.4, 7.6, 19 y 4 %, respectivamente, de que en un año particular se produzca una helada después del 1 de noviembre. La mayor frecuencia de heladas en la zona se produce en el mes de julio (Figura 3) con un valor cercano a los 6 días, momento en el cual las plantas presentan una alta resistencia al frío, a menos que se trate de plantaciones muy jóvenes donde los tallos poco lignificados son más susceptibles a daño interno. La dormición del kiwi se rompe en esta zona generalmente a mediados de septiembre, mes en el que se espera que haya entre 1 y 3 heladas. En el mes de octubre, aunque la frecuencia es menor, hay riesgo de que en algunos años se presenten heladas durante los primeros estadios reproductivos.

Este escenario plantea la necesidad de contar con un monitoreo constante de las condiciones meteorológicas a lo largo de este período para minimizar el daño de las heladas tardías. Por otro lado, a pesar de su importancia, no todos los productores de la zona disponen de la tecnología necesaria para poder hacer frente a esta adversidad.

La Figura 4 muestra la probabilidad acumulada de ocurrencia de heladas tempranas (FPH) y tardías (FUH) para las cuatro localidades analizadas. Miramar es la localidad con el mayor número y probabilidad de heladas tempranas, con una curva que asciende exponencialmente a partir de la segunda decena de marzo. Por su parte, Balcarce presenta heladas tempranas recién en el mes de mayo, pero con una tasa de aumento en el número de heladas mayor que en los otros partidos. En cuanto a las heladas tardías, es común que se presenten días heladores al inicio de la brotación en septiembre. En octubre, aunque la probabilidad muestra una disminución, se pueden dar descensos de temperatura importantes coincidentes con la presencia de los botones florales. En este sentido, Miramar es la localidad con mayor riesgo durante ese mes. Finalmente, en noviembre, aunque puede darse en años puntuales, es poco frecuente la ocurrencia de heladas.



Número promedio de días con heladas ($T^{\circ} < 0^{\circ}C$)

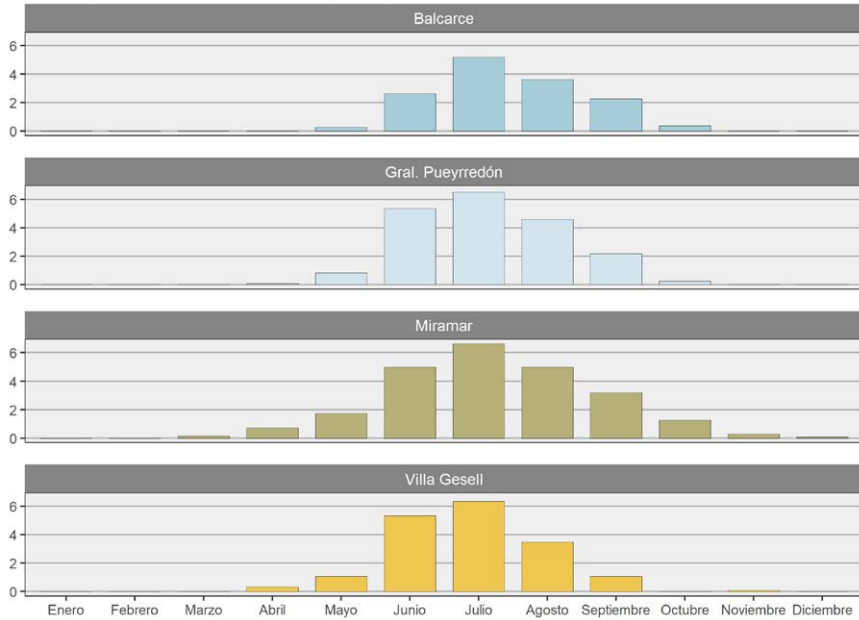


Figura 3. Número promedio mensual de días con heladas; Datos para los partidos de Balcarce, Gral. Alvarado, Gral. Pueyrredon y Villa Gesell. Período 2010-2022, datos registrados en estaciones meteorológicas de INTA (Balcarce) y SMN (Gral. Alvarado, Gral. Pueyrredon y Villa Gesell)

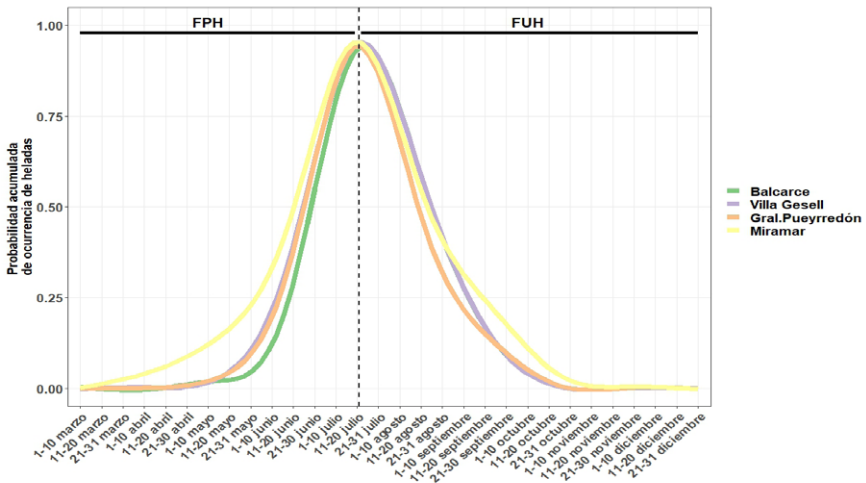


Figura 4. Probabilidad acumulada de ocurrencia de heladas para los partidos de Balcarce, Villa Gesell, Gral. Pueyrredon y Gral. Alvarado. La línea punteada corresponde al día juliano 196 (15/07), donde se define la serie FPH (fecha de primera helada) y FUH (fecha de última helada).



La Figura 5 muestra el número de días en los que se registraron temperaturas por debajo de 0 °C en Miramar durante el mes de octubre. Lo más frecuente es que a lo largo de este mes haya un día con temperaturas menores a 0 °C, con una duración promedio cercana a las cuatro horas. Sin embargo, en las últimas campañas se dio un aumento en la frecuencia de estos eventos. En los años 2020 y 2022 se registraron cinco y tres días respectivamente, y particularmente en el año 2022, la duración promedio fue de siete horas con temperaturas menores a 0 °C y una temperatura mínima registrada de -3.5 °C.

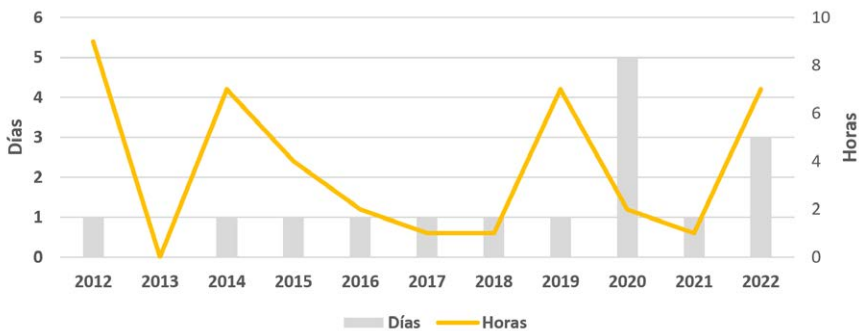


Figura 5. Número de días y número de horas promedio mensuales con temperaturas por debajo de 0 °C en el partido de Gral. Alvarado durante el mes de octubre.

Tabla 1. Número de días con helada, duración en horas y temperatura mínima promedio, registradas en el mes de octubre para Miramar y Balcarce.

	Días	Horas	Temp. Mínima
Miramar	1,45	3,73	-1,37
Balcarce	0,36	3,00	-1,20

En Balcarce para el período 2012-2022, durante octubre, solo se registraron heladas en cuatro años (2012, 2019, 2021 y 2022), con una duración promedio de 3 horas y una temperatura mínima promedio de -1.2 °C (Tabla 1). Aunque la frecuencia de esta adversidad ha sido menor en Balcarce, se vio que han sido de características similares al considerar su duración y temperatura más baja.

La información provista por estaciones oficiales es de gran importancia ya que permite conocer la distribución temporal de los eventos de baja temperatura en la zona de influencia de las mismas, y la distribución espacial de estos eventos a nivel regional.

Este análisis a nivel regional debe ser el punto de partida para el manejo de las heladas tardías, principalmente en aquellos productores nuevos, a fin de conocer los riesgos potenciales a los que se debe hacer frente en una nueva plantación.



En cuanto al manejo a nivel de sitio, se requiere un estudio de las condiciones propias del campo a fin de establecer la estrategia que mejor se adecue al planteo productivo.

Por otra parte, hay que considerar que puede haber diferencias de temperatura en la cercanía de los puntos de medición debido a variaciones en el movimiento de las masas de aire. La topografía del campo (falta de pendiente, ausencia de lomas, etc.), el diseño de los marcos de producción y la ubicación de las cortinas de viento pueden actuar como obstáculos para la circulación de las masas de aire generando un mayor tiempo de permanencia del aire frío. Esto plantea que la defensa de esta adversidad en un establecimiento específico se base en datos meteorológicos tomados de la propia plantación con una estación meteorológica.



Medidas de defensa contra las heladas

Las técnicas de defensa pueden ser de dos tipos. Por un lado, están los métodos pasivos o indirectos, que se refieren a las prácticas de manejo preventivas, tendientes a atenuar o retrasar el impacto de una helada, aunque por sí solas no son suficientes para evitar los daños. En esta categoría se encuentran decisiones tan previas como la selección geográfica del lote y la posterior colocación de las barreras vegetales y la estructura de media sombra, hasta prácticas cotidianas de cada campaña, como mantener el suelo húmedo, libre de malezas, con la superficie compactada e incluso el retraso hormonal de la floración. No son prácticas tendientes a defender una helada puntual, sino que son más bien generalistas.

Por otro lado, tenemos los métodos de defensa activos, es decir, que permiten atenuar e incluso evitar los daños producidos por una helada. Cada uno de ellos requieren una inversión inicial, al cual se le sumará el costo operativo de cada defensa.

El más antiguo es la calefacción, la cual permite aportar energía calórica al ambiente. Esta se puede lograr con estufas alimentadas a partir combustibles fósiles o con fogatas realizadas con madera. Requieren mucha mano de obra ya que se necesita encender una gran cantidad de estufas y se están dejando de utilizar debido al alto costo de los combustibles y al impacto ambiental que generan.

Una técnica más moderna es la utilización de ventiladores. Los mismos aprovechan la inversión térmica para redirigir ese calor en altura hacia la superficie. A pesar de requerir una alta inversión inicial, operativamente no representan un costo elevado y no generan contaminantes (a menos que sean combinados con estufas). La eficiencia va a depender del grado de inversión térmica, pero en general, un ventilador permite defender 4 hectáreas. Por otro lado, solo sirven para heladas radiativas.

Finalmente, se encuentra el riego por aspersión que, por sus ventajas operativas y su eficacia en el control, constituye el método de defensa activa más difundido en el sudeste. La aspersión puede realizarse por debajo y por encima del canopeo, y según el sistema de picos, puede ser de bajo y alto volumen. En este sentido, la opción más adoptada consiste en sistema de microaspersión por encima de los cargadores.

Uso de la microaspersión como medida de control de las heladas



La microaspersión brinda una defensa efectiva frente a heladas de hasta -7 °C. Los picos utilizados poseen una membrana que en su paso pulveriza la gota de agua en microgotas, permitiendo alcanzar una mayor superficie de mojado con un menor volumen. En este sentido, lo primordial es saber que va a haber protección mientras el agua se esté congelando sobre la superficie de los tejidos y no en el trayecto desde el pico a la planta. Hay antecedentes de que láminas de 1,5 a 2,5 mm hora⁻¹ son suficientes para lograr mitigar una helada (Bootsma, et al.;1985). Sin embargo, la lámina va a variar en función del tipo y la cantidad de picos, y del caudal ofrecido por cada uno.

Hay una amplia variedad de picos en el mercado. Lógicamente a mayor tamaño de gota, mayor será el requerimiento de agua para cubrir una misma superficie. Es importante conocer el caudal que ofrecen y el alcance (radio de mojado) para determinar el número de picos necesarios, y así conocer la necesidad de caudal de entrada. Para evitar el solapamiento, se recomienda ubicarlos en tresbolillo entre hileras de plantas. En caso de lotes con pendiente o tiradas largas, hay que considerar la compensación de presión de los picos para asegurar que haya uniformidad en la cobertura. En muchos establecimientos con este sistema, la misma instalación utilizada para el riego, puede emplearse para hacer frente a las heladas tardías en primavera (figura 6). En estos casos se utiliza un microtubo flexible que une el caño (ubicado a la altura de los cordones) al pico. De esta manera, se pueden ubicar los picos por encima del cultivo en invierno y descenderlos para regar luego de que pase el riesgo de heladas y, además, atenuar el impacto de las altas temperaturas estivales.

La microaspersión de bajo volumen permite disminuir el riesgo de encharcamientos, ya que el volumen de agua por unidad de superficie se minimiza con estos equipos. Además, es menor el riesgo de rotura de cargadores por el menor peso de los cristales de hielo que se forman en su superficie. No obstante, cuando la defensa se extiende por muchas horas, pueden generarse problemas por el volumen de agua aplicada.

El principio físico que rige esta práctica se basa en la energía de congelación que se libera en el pasaje de agua del estado líquido al sólido. Espe-



cíficamente, cuando se congela 1 gramo de agua, se liberan 80 calorías al entorno. Además, la capa de hielo que cubre al tejido, actúa como un aislante impidiendo la pérdida de calor desde el órgano protegido. El proceso exotérmico permite que la temperatura del tejido se mantenga cercana a los 0°C sin llegar a congelarse y que los cristales de hielo se formen por fuera, y no por dentro, de los órganos defendidos, evitando que se pierda la integridad celular y que se necrosen los tejidos.

El viento es un factor determinante y puede condicionar la efectividad de esta práctica. Cuando aumenta su velocidad, aumenta la evaporación del agua de riego. Este cambio de estado requiere energía, a razón de 600 calorías por gramo de agua, es decir, 7.5 veces más que lo que aporta la congelación. Esta energía es tomada de los tejidos de la planta con los que está en contacto, y dado que los mismos ya se encontraban en torno a los 0 °C, su temperatura puede descender a valores compatibles con daño. Es así, que cuando la velocidad del viento se eleva por encima de 8 km hora⁻¹, la microaspersión puede acrecentar los daños de la helada.

Cuando el viento no es un problema, ya sea por estar en presencia de una helada radiativa o por contar con cortinas que disminuyen su velocidad, es necesario que el riego sea constante mientras dure la helada. De esta manera, la entrega de calor también será constante. Caso contrario, si por alguna causa el riego se ve interrumpido, el hielo formado en la superficie de los tejidos comienza a sublimarse (pasaje de hielo a vapor) a expensas del calor conservado en las yemas, ocasionando que se formen cristales extra e incluso intracelulares, que ocasionarían daños de distinta magnitud, llegando en última instancia a la necrosis de los tejidos.

El momento de encendido es un punto crucial para asegurar que la defensa se realice correctamente. Lo normal, para facilitar operativamente la labor, es fijar una temperatura umbral a partir de la cual dar comienzo al riego y continuarlo hasta superarla. Sin embargo, basarse solo en la temperatura del aire puede conducir a un error. Es importante considerar, además, la humedad ambiente; y a partir de estos dos valores, obtener la temperatura de punto de rocío, que es la variable que mejor define cuando comenzar con la defensa (Snyder, 2000).

En caso de que la humedad ambiente sea baja, se debería iniciar el riego con anterioridad ya que inicialmente, el agua aplicada se evaporará para compensar la demanda del ambiente y en este cambio de estado se enfriará la superficie de las plantas (Tyson et al., 2002).



Figura 6. Microaspersor colocado por encima del cultivo para defensa de helada.



Tabla 2.

- a.** Temperatura de punto de rocío (°C) calculada en función de la humedad relativa (%) y de la temperatura del aire (°C) a 1,5 metros de altura.
- b.** Temperatura de aire (°C) medida a 1,5 metros de altura, a la cual dar inicio al equipo de riego para conseguir una defensa eficaz considerando una temperatura crítica de 0 a -0,5 °C (Snyder, 2000).

a							b	
Temperatura del punto de rocío (°C) para un rango de temperatura del aire y humedad relativa							Temperatura de inicio recomendadas para la protección contra heladas en varios puntos de rocío	
Humedad relativa	Temperatura						Temperatura del punto de rocío °C	Temperatura del aire de arranque °C
%	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0		
100	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	-9.5	+4.0
90	-1.4	0.5	2.5	4.5	6.5	8.4	-9.0	+4.0
80	-3.0	-1.1	0.9	2.8	4.8	6.7	-8.5	+3.5
70	-4.8	-2.9	-1.0	0.9	2.9	4.8	-8.0	+3.5
60	-6.8	-4.9	-3.1	-1.2	0.7	2.6	-7.5	+3.0
50	-9.2	-7.3	-5.5	-3.6	-1.8	0.1	-6.5	+3.0
40	-12.0	-10.2	-8.4	-6.6	-4.8	-3.0	-6.0	+3.0
30	-15.5	-13.7	-12.0	-10.2	-8.5	-6.8	-5.5	+2.0
							-5.0	+2.0
							-4.5	+1.5
							-4.0	+1.5
							-3.0	+1.0
							-3.0	+1.0
							-2.0	+0.5
							-1.5	+0.5

En la Figura 7 se puede observar una plantación ubicada en el Partido de Balcarce, que fue afectada por heladas tardías, a mediados de octubre, y que no contaba con ningún método de defensa activa. La helada quemó casi la totalidad de los brotes y de los botones florales, llevando prácticamente a la pérdida de la producción de esa campaña. En estos casos, es necesaria una poda para eliminar los cargadores perdidos y pensar en la formación de la planta para la campaña siguiente procurando maximizar la acumulación de fotoasimilados.



Figura 7. Plantación de kiwi verde sin sistema de defensa en el Partido de Balcarce. Presenta un daño total, por helada ocurrida el 13 y 14 de octubre del 2022.

Dado que las plantas contaban con el vigor necesario para sostener el crecimiento inicial de todo el follaje perdido, es esperable que luego de una poda agresiva, este devenga en la activación de un gran número de yemas cercanas a los cordones (Figura 8). Por esto, es necesario que luego se efectúen las labores de selección y conducción de los mejores rebrotes.



Figura 8. Plantación de kiwi verde sin sistema de defensa en el Partido de General Pueyrredón que tuvo un daño total por helada a mediados de octubre del 2022, fue podado, rebrotó y se encuentra en nueva formación de cargadores (2/12/2022).

Las heladas tardías (mediados de octubre) pueden afectar severamente los botones florales, tal como se muestra en la Figura 9. Superficialmente, se produce un pardeamiento variable, pero internamente las zonas marrones indican la necrosis de los mismos. Los botones dañados se desprenden y caen al mínimo roce y aunque la planta rebrote, no es capaz de regenerar nuevos primordios florales que compensen los dañados.

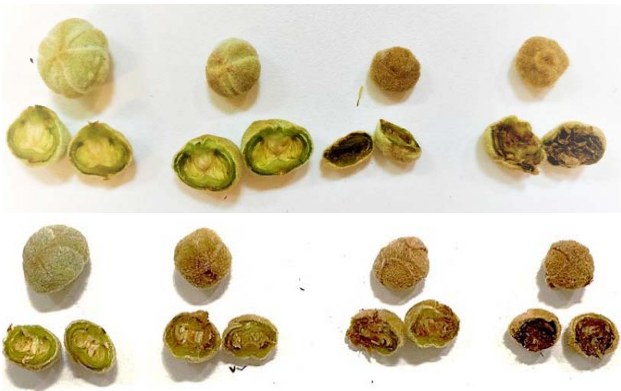


Figura 9. Botones florales de plantas de kiwi macho (a) y hembra (b). En cada foto se muestra de izquierda a derecha: botón floral sano, con 10 a 20 % de daño, 21 a 50 % de daño, más del 50 % de daño (Elaboración propia).



Importancia de la limpieza de los aspersores

Un factor clave a la hora de utilizar la microaspersión, es la limpieza de los aspersores. Dado que el agua de la zona posee exceso de carbonatos y que el tamaño de gota es pequeño, es normal que se presenten obstrucciones. Se ha observado en varias plantaciones de la zona que contaban con este tipo de defensa, manchones de escasos metros cuadrados donde las plantas presentaban una importante necrosis de sus tejidos (Figura 10a), siendo muy marcada la diferencia con las plantas contiguas (Figura 10b). En estos lugares se constató la presencia de picos tapados y en algunos casos rotos. Estos focos de daño ocurren por no recibir un flujo constante de agua mientras la helada está presente. La magnitud de las pérdidas estará asociada al porcentaje de picos inhabilitados. Es por esto, que previo a la brotación, en los meses de invierno es necesario hacer un control del sistema, destapando o cambiando los picos que estén fallando, de tal manera de llegar a septiembre con el equipo preparado para realizar una defensa eficaz.



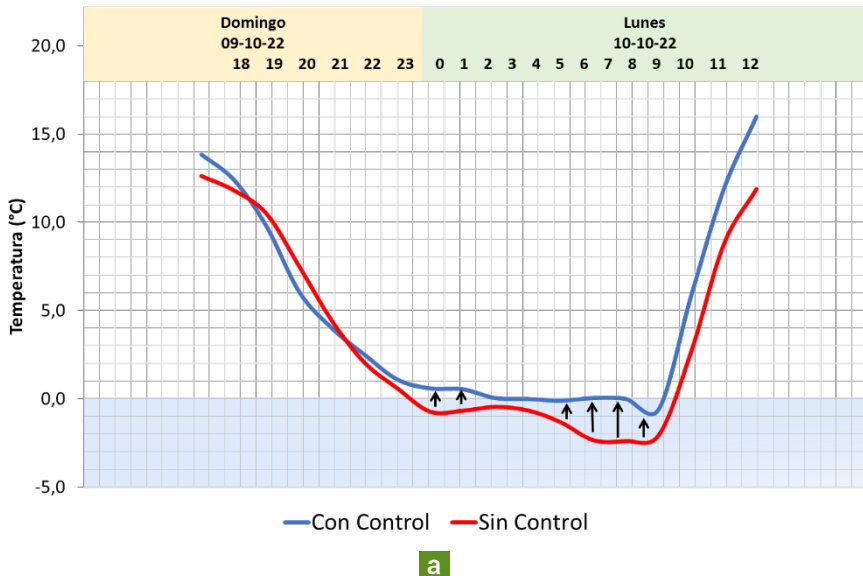
Figura 10. Plantación de kiwi verde en Miramar en la que se observan plantas afectadas por la helada debido a la presencia de picos tapados (a) y plantas donde la microaspersión no estuvo limitada permitiendo alcanzar una defensa efectiva (b).



El efecto de la microaspersión en la temperatura

En una plantación de kiwi cercana a la Chacra Experimental de Miramar que contaba con un sistema de defensa de heladas por microaspersión se registró la temperatura del aire a la altura de los cargadores. El equipo se utilizó para hacer frente a las heladas tardías ocurridas en octubre del 2022 (Figura 8 a, b y c). Se constató que en cada una de las heladas (días 9/10 de octubre, 13/ 14 de octubre y 22/23 de octubre del año 2022) se logró una atenuación tanto de la caída de la temperatura como del tiempo de exposición de los botones florales a temperaturas dañinas, respecto a los datos registrados en la Chacra. De esta manera, se pudo reducir la duración y la temperatura mínima de cada una de las heladas en la plantación, llevando a una disminución en los daños, que pudieron ser de gran magnitud si se compara con las pérdidas reportadas por otros productores de la zona.

Estas heladas tardías provocaron daños relevantes en la zona, que se hicieron evidentes en plantaciones que no contaban con medidas de defensa. Por otro lado, a partir de reportes obtenidos de productores de Mar del Plata, Batán, el Dorado y Santa Paula, se constató que la defensa con microaspersión fue un factor clave para minimizar el impacto de las heladas tardías. Se estima que las pérdidas de producción en la zona en el año 2023, debidas a las heladas tardías ocurridas durante la primavera del año 2022 alcanzaron el 30 % (Cámara de Productores de Kiwi de Mar del Plata, comunicación personal).



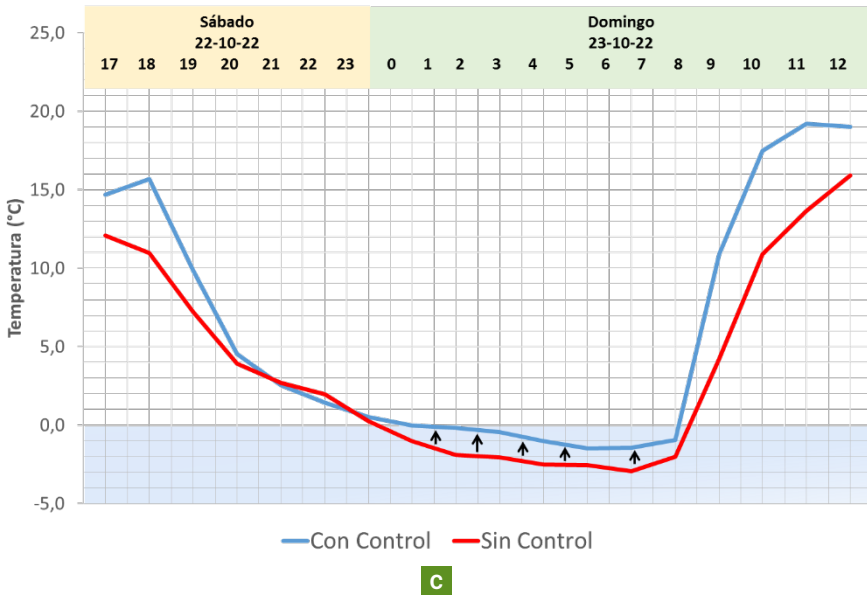
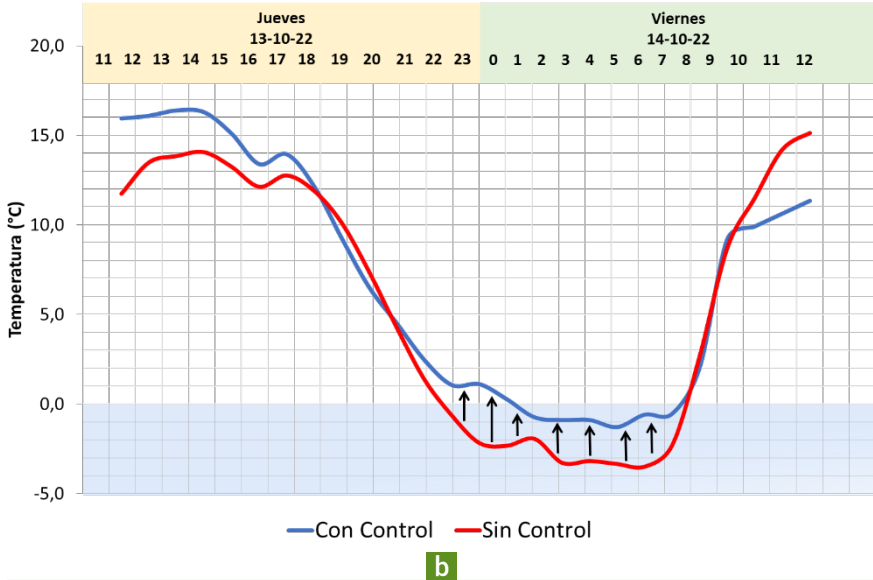




Figura 11. Variación de la temperatura del aire a 1,5m con y sin el uso de riego por microaspersión durante dos heladas ocurridas en una plantación de kiwi: 9 y 10 de octubre del 2022 (a), 13 y 14 de octubre del 2022 (b) y 22 y 23 de octubre del 2022 (c).



Adquisición e instalación de estaciones meteorológicas

Las estaciones meteorológicas automáticas (Figura 12) ofrecen una amplia variedad de opciones para ser instaladas en sistemas productivos y obtener datos específicos del lugar. En cuanto al monitoreo de heladas, lo importante es que la estación pueda medir temperatura del aire a intemperie (sin abrigo meteorológico) a varias alturas, para conocer como es el perfil vertical del gradiente térmico. Lógicamente cuanto mayor sea la cantidad de sensores que posea la estación, mayor será la cantidad de información obtenida, pero también más costoso el equipo. Con tener datos cerca de la superficie (5-10 cm), a media altura (75 cm) y a la altura de los cargadores (1,5 m), ya se logra tener un registro importante. Además, es necesario registrar la humedad relativa y la velocidad y dirección del viento. Esta variable es importante, ya que en caso de tener conformada una red de estaciones se podría estimar el momento de llegada de una masa de aire frío que esté ingresando en la región.

Otro aspecto a considerar es la ubicación de la estación en caso de conformar una red. En general, cuando la topografía del establecimiento es variable, es importante ubicar la estación en la parte alta ya que el frío que se mida en dichas áreas, con el correr de la helada, se dirigirá a las zonas bajas. Esto es independiente del tipo de helada a monitorear, ya que por densidad el aire frío detectado en la loma terminará estratificándose en los bajos.

Al elegir una estación, otro tema a considerar es el acceso a los datos. Hay que conocer quién se va a hacer cargo de esa transmisión, a qué costo y si va a depender de una señal de celular. En este sentido, es importante saber qué tipo de señal habrá disponible en el lugar de instalación del equipo (2G, 3G y/o 4G), y si es compatible con la tecnología de comunicación que ofrece el modelo de estación. De todos modos, hay equipos disponibles que no transmiten datos, sino que los almacenan para luego ser extraídos manualmente mediante un cable USB a una computadora portátil. Este último caso no es recomendable para la llevar a cabo la defensa activa, pero sí para hacer una evaluación de las variables meteorológicas de interés a lo largo del tiempo.



Figura 12. Estación meteorológica automática

Finalmente, hay que tener en cuenta la facilidad de mantenimiento y la disponibilidad de repuestos, así como el servicio técnico o posventa.



Principales conclusiones

Las heladas tardías en el sudeste bonaerense pueden ser una limitante para el éxito de una plantación de kiwi en la zona. En casos extremos, los daños pueden alcanzar la pérdida total de la producción del año, e impactar en años posteriores. En consecuencia, es necesario contar con un sistema de defensa activa instalado para proteger a las plantas de la helada.

La microaspersión es la técnica más difundida, con resultados comprobados en la región. Su diseño requiere contemplar las características agrometeorológicas de la zona, pero también las del propio establecimiento. De esta manera, contar con una estación automática aportará a la eficiencia operativa de esta práctica.

Los productores que se inician en el cultivo deberían contar con el equipo de microaspersión instalado al momento de realizar la plantación, ya que, por la precocidad de las plantas jóvenes, es alto el riesgo de que se enfrenten a alguna helada en su etapa formativa. Por otro lado, en plantaciones adultas, se deben realizar todas las actividades de mantenimiento durante el invierno de tal manera de llegar a la brotación con el equipo listo para la defensa.



Bibliografía

- Baudry, A.; Vaysse, P.; Mazolier, J.; Hutin, C., Floc`Hlay, F.; Hennion, B.; Fournier, J. M. 2003. Le Kiwi, monographie. Centre Technique Interprofessionnel Des Fruits Et Légumes – Ctifl.
- Bootsma, A.; Murray, B. 1985. Freeze Protection Methods For Crops. Factsheet, Ontario. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.
- Hewett, E.W.; Young, K. 1981. Critical freeze damage temperatures of flower buds of kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch.). New Zealand Journal of Agricultural Research. 24:1, 73-75
- Perry, K. B. 1998. Basics of Frost and Freeze Protection for Horticultural Crops. HortTechnology horttech, 8(1), 10-15.
- Powell, A. 2000. Pinciples of Freeze Protection for Fruit Crops. Alabama Cooperative Extension System, ANR 1067B.
- Tyson, A. W.; Sneed, R. E.; Mainland, C. M.; Perry, K. B.; Polling, E. B.; Sanders D. C.; Unrath, R. 2002. Frost/freeze protection by sprinkler irrigation. The Southern Region Small Fruit Consortium.
- Salinero, M.C.; Vela, P.; Sainz, M.J. 2009. Phenological growth stages of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* 'Hayward'). Scientia Horticulturae. 121, 27-31,
- Snyder. R. 2000. Universidad de California Ciencia Atmosférica Davis, CA 95616, U.S.A. Copyright Regentes de la Universidad de California.
- Testolin, R.; Messina, R. 1987. Winter cold tolerance of kiwifruit. A survey after winter frost injury in Northern Italy, New Zealand Journal of Experimental Agriculture, 15:4, 501-504.
- Yommi, A.; David, A.; Lozano, J. 2023. Producción, exportación y características del mercado interno del kiwi. Buenos Aires. Ediciones INTA, Estación Experimental Agropecuaria Balcarce.