

Cambio climático y producción

Los valles irrigados de Patagonia norte tienen un alto potencial productivo en el que prevalecen los cultivos intensivos, frutales, hortalizas y forrajes, que están expuestos durante todo el ciclo de desarrollo al impacto de los factores climáticos.

La región se caracteriza por ser templada con temperaturas medias anuales cercanas a los 15 °C, inviernos fríos y veranos cálidos, con una amplitud térmica anual de 15,7 °C. El régimen de heladas es de 190 días libres de heladas. Las temperaturas bajo cero a principios de otoño y finales de primavera se presentan en baja frecuencia, pero son de gran importancia en la producción local, dado que pueden ocasionar pérdidas productivas muy significativas. Las lluvias no superan los 25 mm mensuales y se concentran principalmente en otoño y primavera. La ocurrencia de granizadas se concentra en primavera-verano con una frecuencia media regional de 4 eventos durante la temporada productiva.

Desde el 2003, con la instalación de la primera estación meteorológica automática en línea de INTA en el país, se empezó a acercarse al productor y al sector en general información y productos agrometeorológicos de gran importancia local tales como las horas de frío y las alarmas sanitarias. En la actualidad, a fin de tener mejor precisión en la toma de decisiones se trabaja con diferentes organismos y empresas agrarias, con las cuales se conformó una red colaborativa de información climática, monitoreando Alto Valle, Valle Medio y Río Colorado.

En nuestro rol de investigadores, hemos trabajado en el efecto ecofisiológico de las temperaturas sobre el desarrollo de los frutales, sus potenciales productivos y calidad, lo que nos permite inferir con anticipación algunas respuestas del cultivo ante la variabilidad climática interanual. En el presente artículo presentaremos el análisis climático de temporada en momentos determinantes para la productividad y calidad de la producción.

TEMPERATURAS

La variabilidad de la temperatura es importante en todo el ciclo del cultivo frutícola ya que determina el momento de floración, el tamaño potencial de los frutos y su desarrollo hasta que comienzan a desencadenarse los procesos de madurez. Floraciones tempranas como las de este ciclo productivo son el resultado de inviernos fríos y primaveras templadas, condicionando que los frutos tengan una edad más avanzada al momento de inicio de la cosecha, lo que determina ventanas de cosecha óptima más reducidas de lo normal, especialmente de variedades de ciclo corto como peras Williams y manzanas Gala.

Más allá de lo expuesto, durante la cosecha se visualizan efectos directos sobre la calidad de la fruta de las adversidades climáticas ocurridas en primavera, principalmente las heladas de finales de octubre y las granizadas a partir de noviembre. De acuerdo con estudios locales propios, las heladas primaverales tardías tienen una frecuencia baja en octubre y noviembre. Desde 1970 a 1993, hubo registros de al menos una helada en octubre o noviembre con temperaturas inferiores a los 2 °C bajo cero, altamente perjudiciales para la producción frutícola. Desde entonces no se habían registrado estos eventos extremos hasta las primaveras 2021 y 2022. En cuanto a las granizadas, hemos analizado un incremento significativo en toda la región.

SIGUE >>

CONDICIONES INVERNALES

Las temperaturas del trimestre invernal fueron inferiores a lo normal, principalmente en mayo, con mínimas extremas en la segunda quincena. Junio también presentó temperaturas medias inferiores a lo normal. De acuerdo con los datos obtenidos a nivel regional, del 50 % al 70 % del requerimiento de frío de diferentes especies y variedades frutales fue satisfecho al 20 de junio de 2022 y no hubo limitantes en la

acumulación de frío, sobre todo en variedades tempranas (Figura 1). En este contexto era *alta la probabilidad de un adelanto de 5 a 7 días en el desarrollo fenológico de los frutales de pepita y carozo*. La acumulación efectiva de frío fue cercana al percentil 50 (Figura 2), por lo que el requerimiento de frío para frutales de carozo fue cubierto satisfactoriamente en el ciclo 2022-2023. De hecho, la floración tuvo un adelanto promedio de 7 días con respecto a valores medios en frutales.

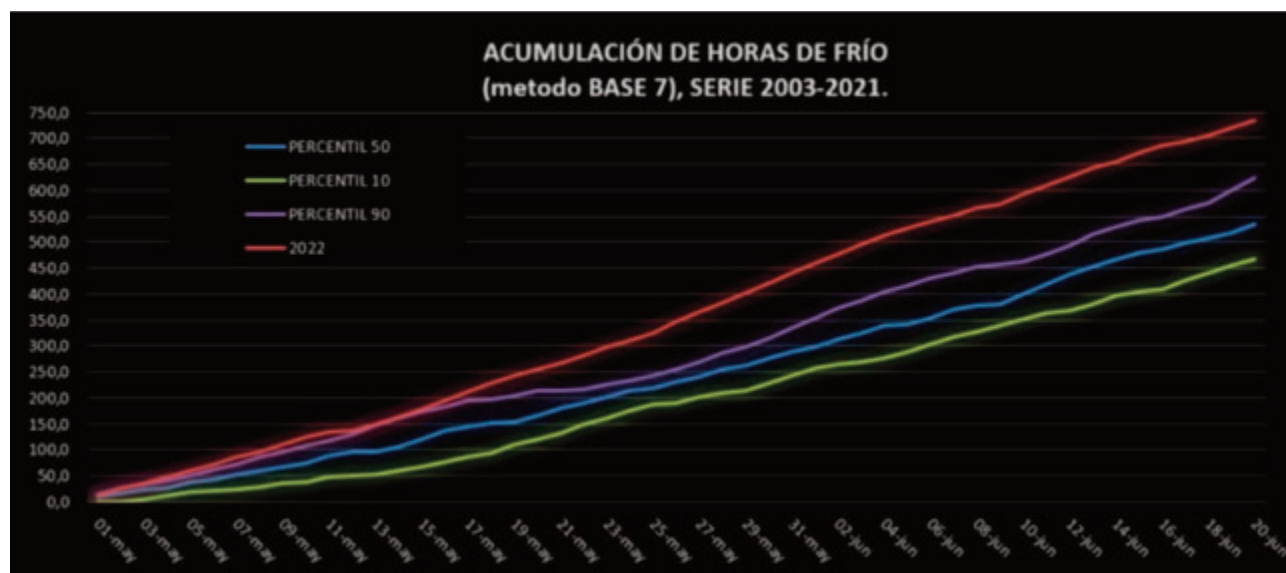


Figura 1. Acumulación de horas de frío durante el período de reposo invernal 2022-2023. INTA Alto Valle

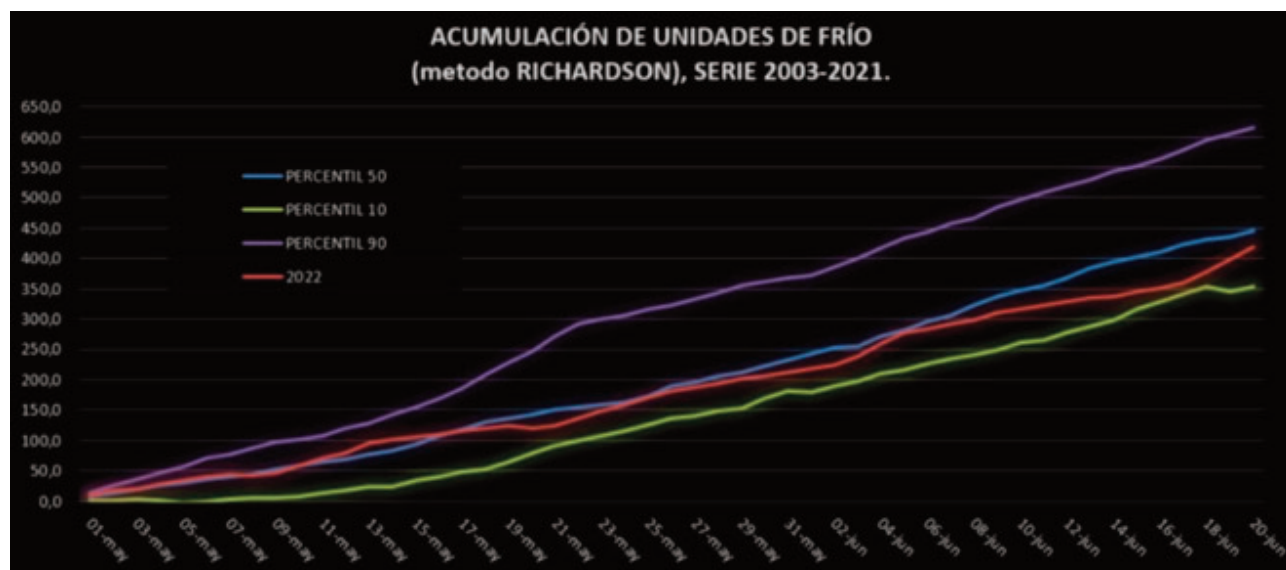


Figura 2. Acumulación de unidades de frío durante el período de reposo invernal 2022-2023. INTA Alto Valle

Regionalmente, y debido a la variabilidad climática interanual monitoreada con los índices bioclimáticos de unidades de frío y de calor, existe mayor probabilidad de ocurrencia de atraso -que de adelanto- en la

floración (Figura 3). Las anomalías mayores a 5 días tienen mayor importancia debido a las modificaciones directas sobre el desarrollo y el crecimiento de los frutos.

SIGUE >>

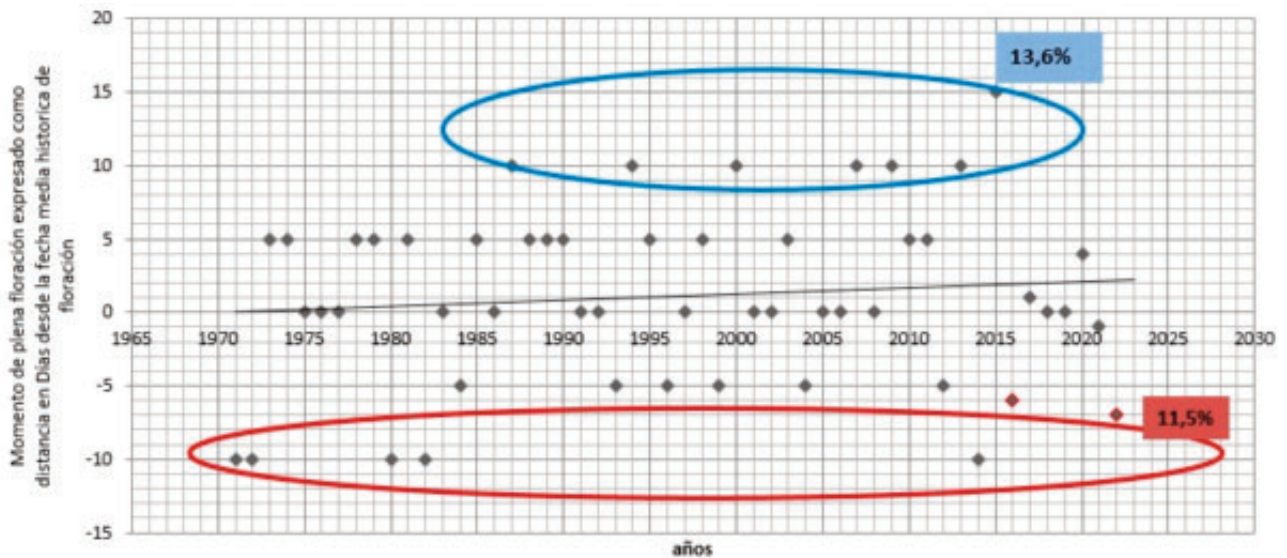


Figura 3. Anomalías medias de fechas de plena floración en Alto Valle

HELADAS TARDÍAS

La fecha media histórica de la última helada es el 6 de octubre; sin embargo, cabe mencionar que debido a la variabilidad interanual se pueden extender hasta el 22 de ese mes y que, además, con una frecuencia muy baja (de 1 cada 10 años) ocurren heladas de importancia agronómica hacia fines de octubre y noviembre. La peligrosidad de las heladas tardías se incrementa con el avance del desarrollo fenológico de los frutales debido a la pérdida natural de tolerancia. Por lo tanto, con tan sólo un evento las pérdidas productivas se califican como "desastre" y/o "emergencia agropecuaria". En los últimos 20 años se han registrado períodos largos con baja frecuencia de heladas tardías, situación que empezó a revertirse a partir del 2013.

Durante la temporada 2022-2023 fueron 17 heladas, contemplando desde la última semana de agosto (plena floración de almendros, ciruelos, nectarines). En septiembre fueron 8 en la primera quincena con eventos importantes de $-3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y un evento el día 20 con temperatura mínima de $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. En el mes de octubre se registraron 3 heladas, dos en la primera quincena con temperaturas de hasta $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la última el día 31 con temperaturas de $-2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que en noviembre se ha registrado una helada de $-0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Con respecto a estas últimas, se declaró en ambas provincias la emergencia agropecuaria dado el momento de ocurrencia y la intensidad de la helada. Valores en abrigo meteorológico de $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ bajo cero no se registraban en la zona desde el año 1992.

Como se observa en los mapas, hubo zonas más afectadas que otras en función de las temperaturas, sin embargo, agravó los resultados la disponibilidad de tecnología de control activo y su eficiencia de uso. En fruticultura se afectaron nogales, pepitas, carozos, almendros y vides.

Sobre la Patagonia hubo un primer ingreso de aire polar (post olas de calor) desde el atlántico sur a partir del 13 de febrero, ocasionando fuertes vientos y un descenso brusco de temperaturas en cordillera. En los valles irrigados de Patagonia norte el descenso de temperatura se dio a partir del 16 de febrero, llegando a registros por debajo de cero grados el día 18. Este fenómeno meteorológico es propio de la ocurrencia de las primeras heladas o heladas otoñales, pero en la región la fecha promedio de la primera helada es el 14 de abril, y en los últimos 50 años la fecha extrema registrada fue el 13 de marzo (1976 y 2013). El ingreso de este frente frío polar y las bajas temperaturas del 18 de febrero del 2023 se consideran el evento extremo más importante como fecha de 1° helada.

La distribución térmica regional del 18 de febrero nos indica zonas con valores inferiores a $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ bajo cero (Figuras 6 y 7). Los datos presentados hacen referencia a valores en abrigo meteorológico, bajo normas de la Organización Mundial de Meteorología (OMM). Cabe mencionar que a campo las temperaturas pueden ser hasta $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ menores.



Figura 4. Distribución regional de temperaturas mínimas en Alto Valle (en abrigo meteorológico). Red colaborativa de estaciones meteorológicas automáticas

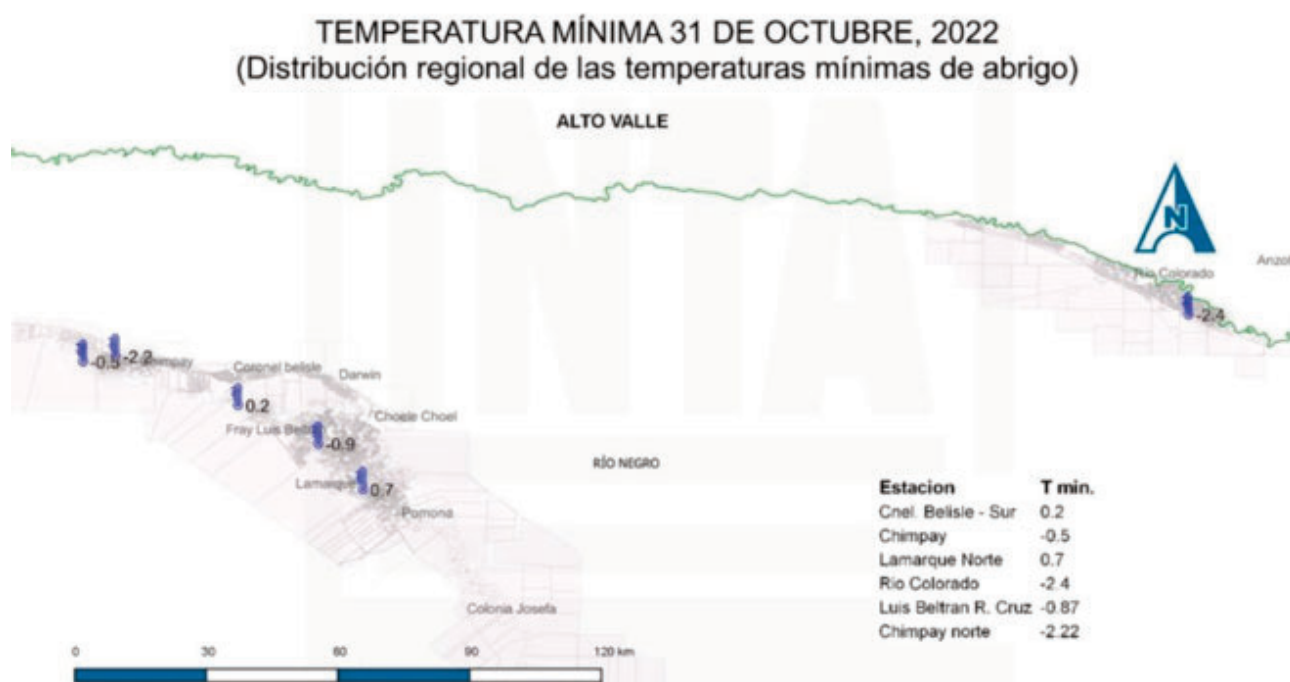


Figura 5. Distribución regional de temperaturas mínimas Valle Medio y Río Colorado (en abrigo meteorológico). Red colaborativa de estaciones meteorológicas automáticas

TEMPERATURA MÍNIMA 18 DE FEBRERO, 2023 (Distribución regional de las temperaturas mínimas de abrigo)

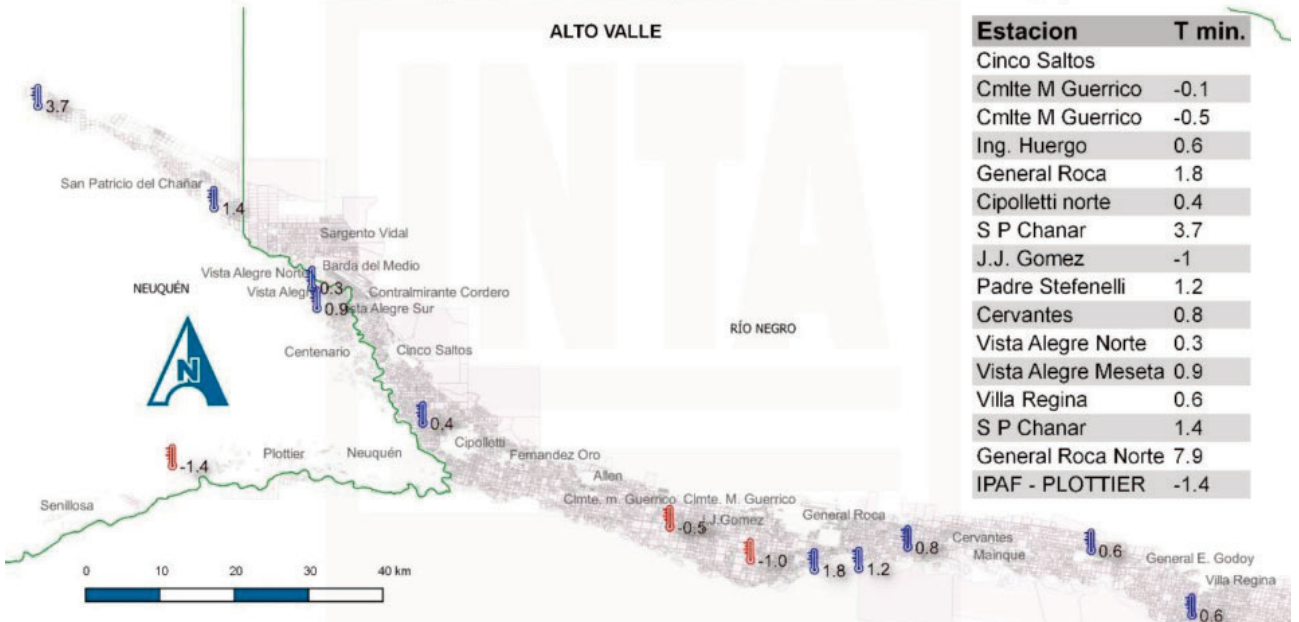


Figura 6. Distribución regional de temperaturas mínimas Alto Valle (en abrigo meteorológico). Red colaborativa de estaciones meteorológicas automáticas

TEMPERATURA MÍNIMA 18 DE FEBRERO, 2023 (Distribución regional de las temperaturas mínimas de abrigo)

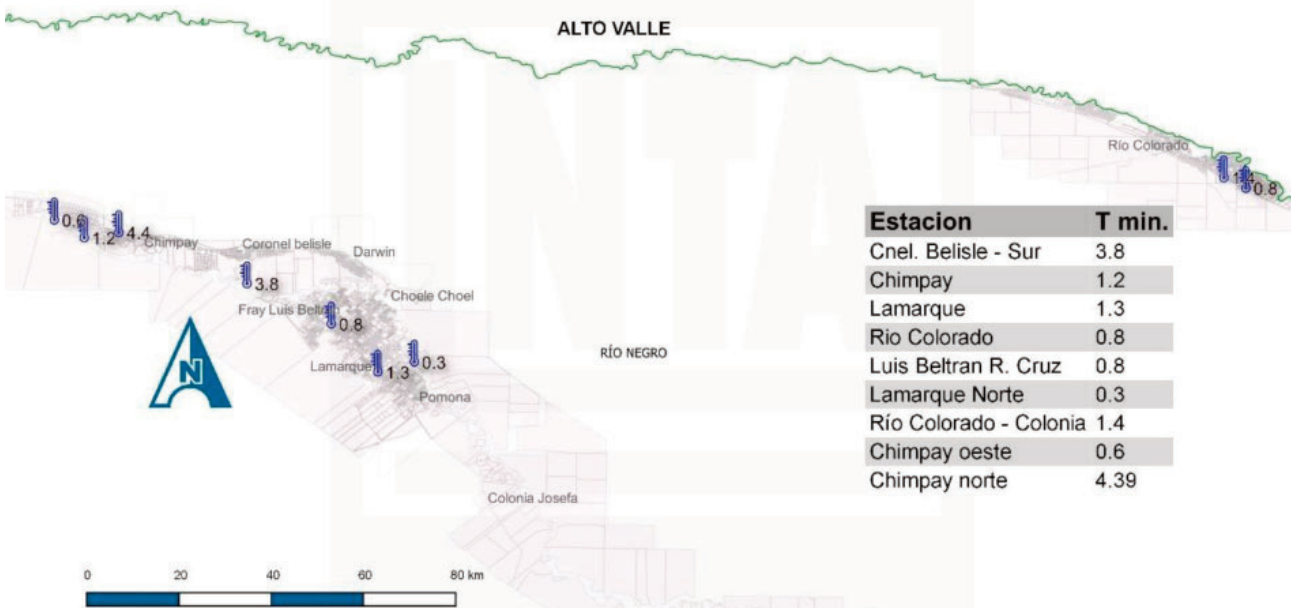


Figura 7. Distribución regional de temperaturas mínimas Valle Medio y Río Colorado (en abrigo meteorológico). Red colaborativa de estaciones meteorológicas automáticas

Todos los cultivos locales a la fecha tienen altos niveles de sensibilidad, sin posibles estrategias fisiológicas de tolerancia. En cultivos hortícolas a campo las pérdidas fueron totales, y en fruticultura se

evidencian pérdidas de calidad por daños epidérmicos en aquellas variedades que aún no habían sido cosechadas (principalmente manzanas).

SIGUE >>

EFECTO DE LA TEMPERATURA DE PRIMAVERA EN EL CRECIMIENTO POTENCIAL DE LOS FRUTOS

La calidad de la floración (densidad y homogeneidad en el tiempo) y la calidad nutricional del monte determinan la proporción inicial de tamaños. El crecimiento del fruto depende exclusivamente de la división celular entre los 15 a 20 ddpf. La temperatura del aire durante este período regula la tasa de división celular en un 77 % a 96 %. Ante temperaturas desfavorables para la división celular, la competencia por recursos toma mayor

importancia en determinar el tamaño potencial de los frutos.

En la presente temporada las temperaturas fueron óptimas durante esta etapa de división celular, por lo que potencialmente el tamaño estimado de frutos de variedades tempranas es bueno a muy bueno. Los resultados regionales pueden ser heterogéneos, principalmente en función del manejo hídrico y nutricional.

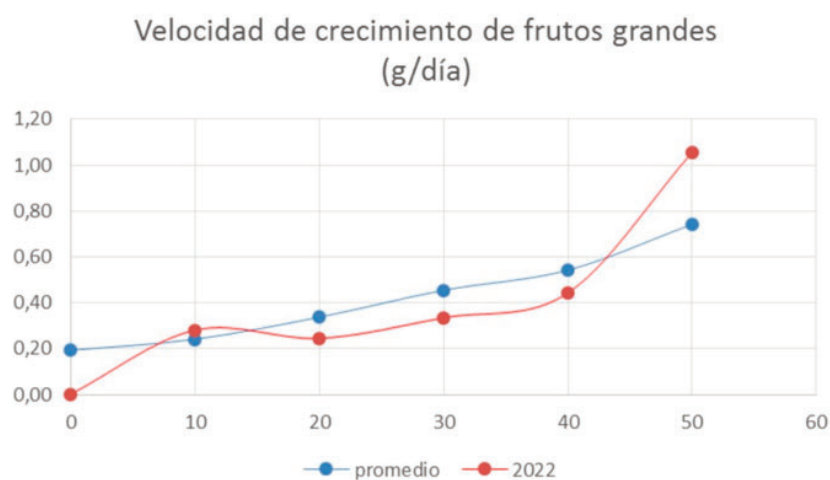


Figura 8. Modelo predictivo de crecimiento potencial de fruto de pera Williams en función de las temperaturas medias de aire (Rodríguez A., 2011)

OLAS DE CALOR

El calentamiento global nos sitúa ante escenarios productivos diferentes de aquí en adelante. En los últimos informes internacionales del se especifica que la temperatura media del planeta se incrementó en 1,5 °C. Las tendencias de las temperaturas máximas de aire registradas desde 1970 en la zona rural de la localidad de Allen (Contralmirante Guerrico) también son alarmantes (Rodríguez A. & Muñoz A., 2022). Los valores extremos anuales de temperaturas máximas absolutas

se han registrado principalmente en diciembre y enero. En los últimos 10 años se observa un aumento en la frecuencia de temperaturas máximas cercanas a los 40 °C, marcando una tendencia de aumento importante para el período analizado. Del mismo modo, las temperaturas máximas medias del trimestre estival manifiestan un aumento paulatino y en los últimos dos veranos (2022 y 2023) se registraron los valores más altos de la última década (Tabla 1).

Tabla 1. Temperaturas medias máximas de los meses de verano 2022 y 2023. Alto Valle

Temperatura máxima media mensual (°C)	2021	2022	2023	Media Histórica 1970-2022
Diciembre	30,4	31,8		29,3
Enero		31,0	32,7	30,7
Febrero		29,0	31,9	29,5

Desde 1970 a 2023 se manifiesta un incremento de los períodos con temperaturas de aire por encima de 38° y 40 °C (olas de calor); valores altamente perjudiciales no sólo para la calidad de los frutos sino también para la calidad de trabajo de los operarios de cosecha (Figura 9).

En esta temporada las temperaturas han sido cálidas desde diciembre, con una ola de calor en enero y febrero, temperaturas máximas superiores a los 37 °C y mínimas por encima de 17 °C. Los registros corresponden a la zona rural en abrigo meteorológico (Figura 10 y 11), los valores absolutos en la zona urbana han sido en promedio 3 °C superiores.

Los frutos expuestos a la radiación solar directa en dichas condiciones pueden alcanzar valores térmicos máximos de hasta 10 °C mayores a la temperatura del aire. Las altas temperaturas, superiores a 35 °C, provocan incrementos en las tasas de transpiración, deshidratación y menor conductividad estomática inhibiendo la fotosíntesis. Estos episodios se ven agravados en presencia de vientos de moderados a fuertes. Estudios locales demostraron que la conductividad estomática se reduce significativamente en

condiciones de estrés térmico en manzanos, afectando directamente el crecimiento de los frutos.

El asoleado es uno de los factores principales en la pérdida de calidad en peras y manzanas. Las altas temperaturas son la principal causante debido a la desnaturalización de proteínas, y metabólicamente al producir estrés a nivel osmótico y oxidativo. En la Región del Alto Valle de Río Negro se registra, según la temporada y las variedades evaluadas, un porcentaje de fruta con daño por asoleamiento que puede alcanzar al 50 % de los frutos. Otras afecciones en la calidad relacionadas a las altas temperaturas son las fisiopatías como corazón acuoso y *bitter pit*, que ante condiciones permanentes de estrés térmico pueden manifestarse e incrementarse.

Los procesos de madurez se aceleran con el aumento de las temperaturas, pero no de manera lineal. Hay estudios que indican una disminución de la síntesis de etileno con temperaturas por encima de los 35 °C. En tal sentido, las condiciones climáticas regionales durante las últimas semanas (Figura 10 y 11) afectaron las condiciones de madurez de ciertas variedades.

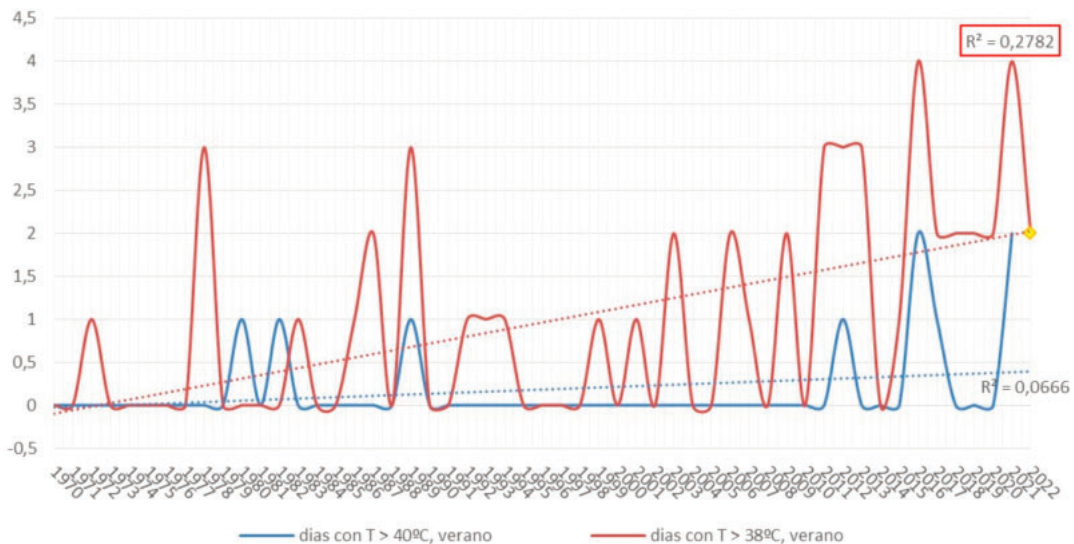


Figura 9. Evolución histórica de días con temperaturas máximas superiores a 38 °C en Alto Valle.

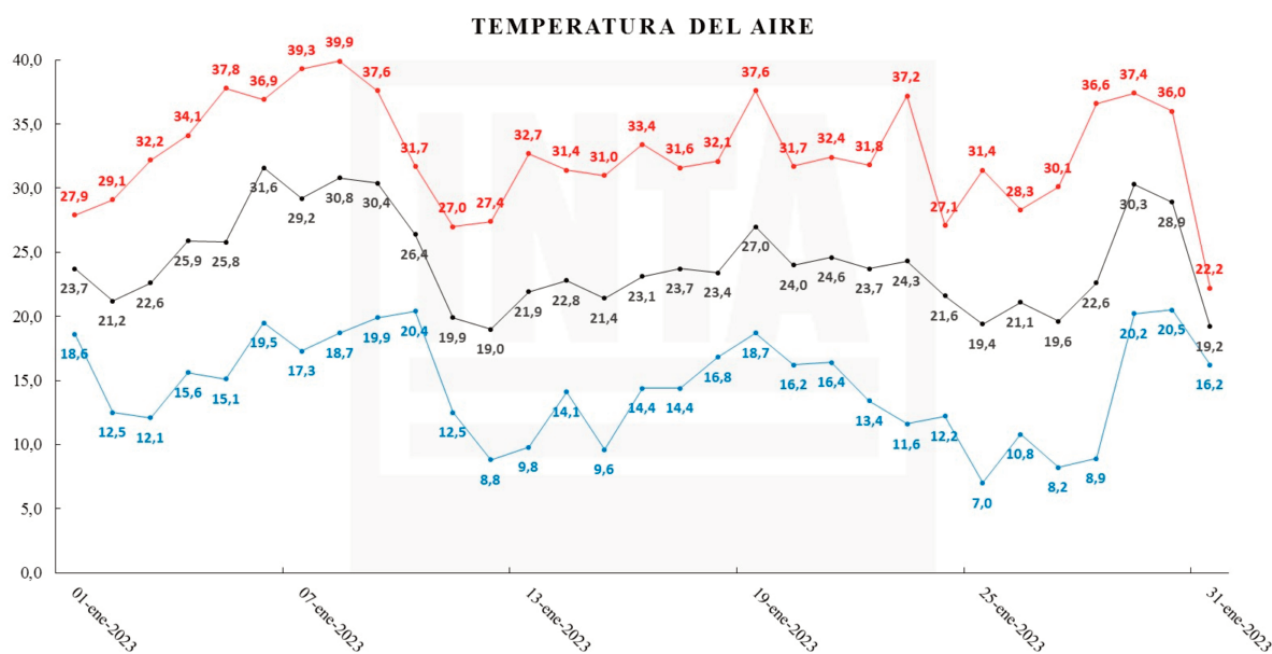


Figura 10. Temperaturas de aire de enero de 2023. Alto Valle, EEA INTA

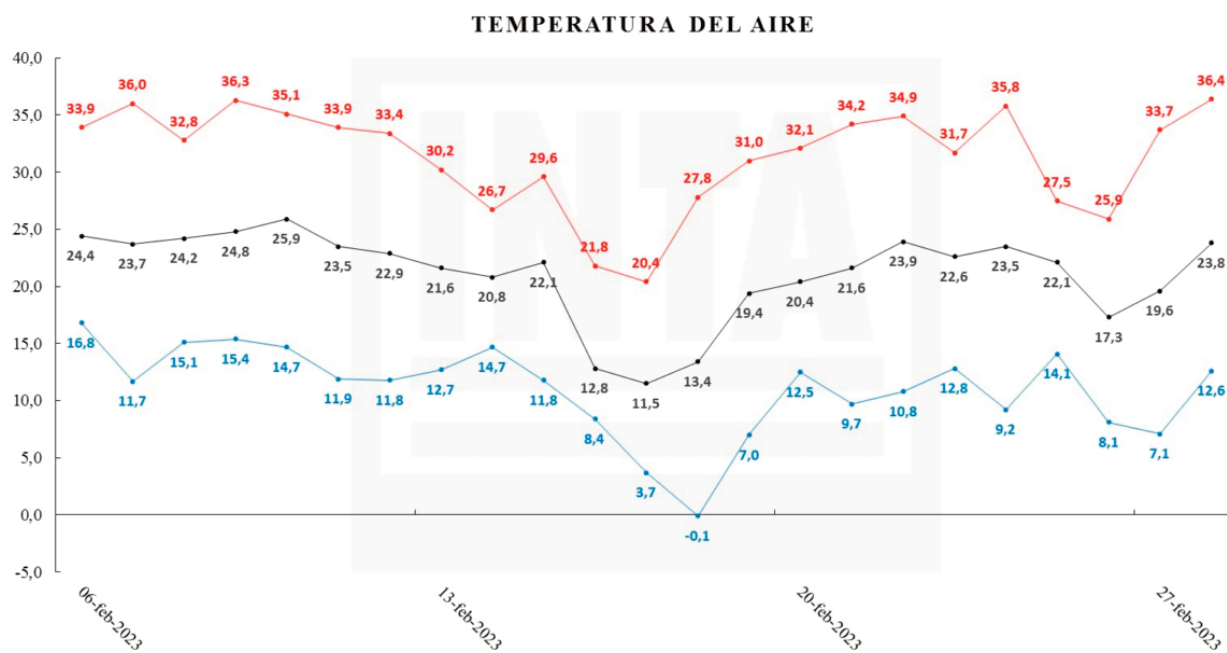


Figura 11. Temperaturas de aire de febrero de 2023. Alto Valle, EEA INTA



LLUVIAS

En primavera existe regionalmente una variabilidad interanual muy importante en la cantidad de lluvia caída, con valores medios mensuales acumulados que no superan los 25 mm, pero con años extremos con registros superiores a 70 mm. La frecuencia media de lluvias en el trimestre primaveral es de 12 días y en los últimos 10 años se han observado anomalías positivas con algunos eventos extremos importantes, marcando una leve tendencia de aumento.

La distribución regional de las lluvias es muy heterogénea. El evento del 17 de noviembre presentó una variabilidad territorial muy marcada en donde se registraron de 4 a 10 mm en Alto Valle y de 3 a 77 mm en Valle Medio. Los riesgos productivos dependen del tipo de producción. Los principales efectos de la lluvia en la actividad frutícola tienen que ver con la efectividad del período de polinización, el *cracking* en cerezas, la logística de tratamientos sanitarios; en el desarrollo de enfermedades, en la factibilidad para realizar tareas a campo asociadas a prácticas de raleo, nutricionales y/o control de plagas (pérdida de productos por lavado, eficiencia de control en función de momentos oportunos de intervención, etc.). Por ejemplo, las lluvias acontecidas hacia mediados de noviembre aumentaron el riesgo de desarrollo de enfermedades, principalmente en Valle Medio (Figura 16), y en otras producciones

regionales se evidenciaron inundaciones con pérdidas productivas masivas, tales como en cultivo de maíz en la localidad de coronel Belisle (Valle Medio) con 76,6 mm acumulados (Foto 1).

Analizando la distribución regional de lluvias, el mes de septiembre y octubre fueron secos, con un total mensual de 2 días con lluvias que no superaron los 6 mm acumulados. Noviembre fue húmedo, con 5 días de lluvias en total, pero con una pluviometría muy variable a nivel territorial: un período del 9 al 12 con un acumulado de 12 a 38 mm en la zona de Alto Valle y de 8 a 16 mm en Valle Medio, y el 17 de noviembre con un acumulado de 4 a 10 mm en Alto Valle y de 3 a 77 mm en Valle Medio.

En diciembre se registró un sólo evento de lluvia con acumulados menores a 10 mm (19 diciembre). La primera semana de enero llovió menos de 3 mm. El día 16 la lluvia se concentró en las localidades centro del Alto Valle con máximos acumulados de 35 mm. Hacia el noroeste y este de esa región no se superaron los 4 mm. El 19 de enero la lluvia se concentró en el noroeste del Alto Valle (Añelo, principalmente) y en Valle Medio hubo acumulados superiores a 25 mm; en la zona centro del Alto Valle no llegó a los 2,5 mm. Los dos eventos de enero registraron caída de granizo.

En las siguientes figuras se muestran los registros de la Estación Meteorológica del INTA Alto Valle.



Foto 1. Campo con siembra directa de maíz, 17 noviembre de 2022. Coronel Belisle, Valle Medio

SIGUE >>

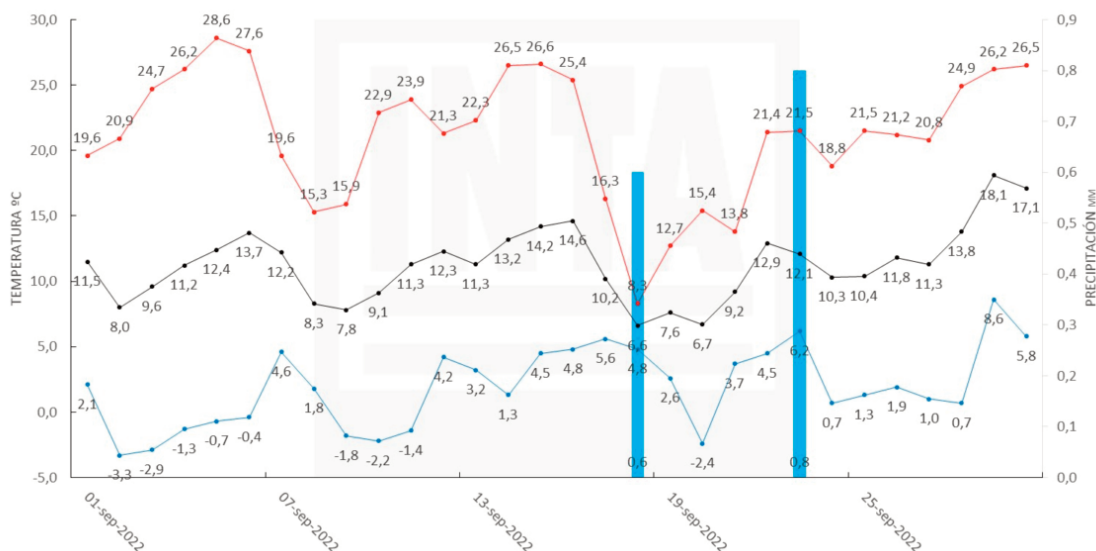


Figura 12. Distribución termopluviométrica de septiembre de 2022. INTA Alto Valle

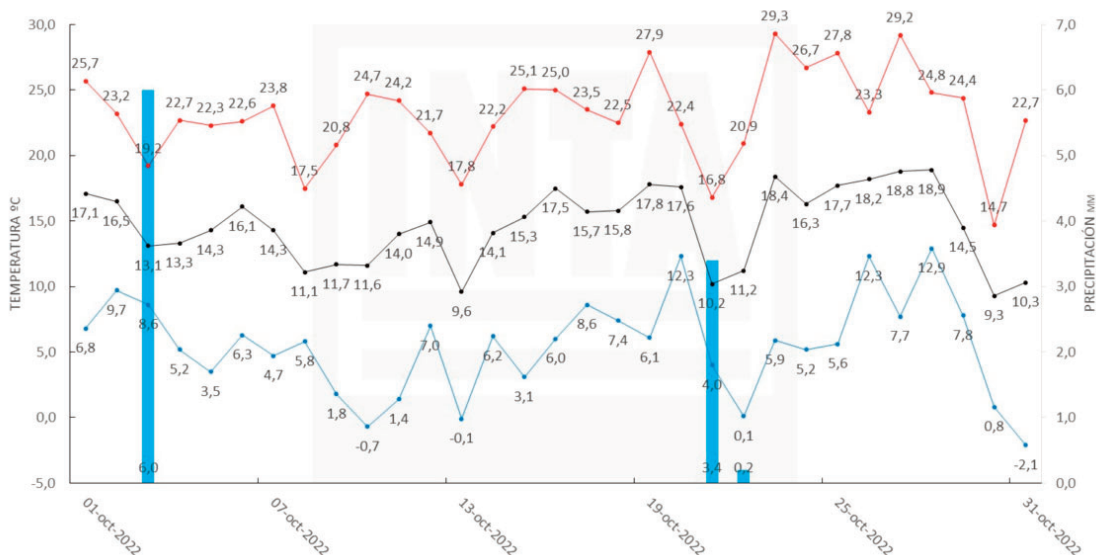


Figura 13. Distribución termopluviométrica de octubre de 2022. INTA Alto Valle

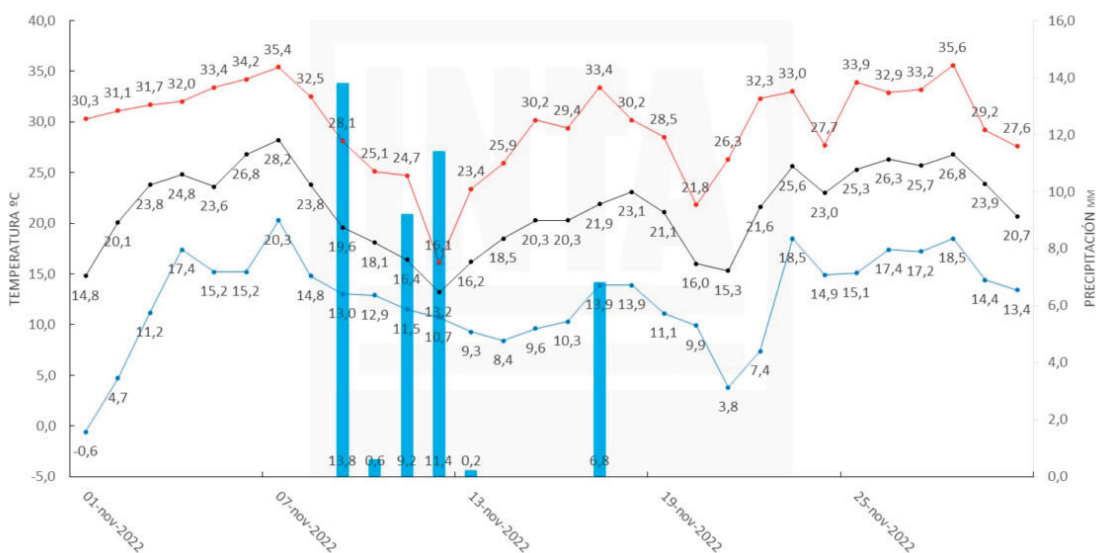


Figura 14. Distribución termopluviométrica de noviembre de 2022. INTA Alto Valle



Las condiciones reinantes de la primavera llevaron a emitir alarmas de sarna en octubre y noviembre. En ese último mes hubo dos eventos de mayor riesgo

agroclimático afectando varias localidades en la zona de Alto Valle y Valle Medio (Figura 15 y 16).



Figura 15. Distribución del índice agroclimático de riesgo de afección por sarna (9 de noviembre) para Alto Valle. Red colaborativa de EMAs Patagonia norte



Figura 16. Distribución de lluvia e índice agroclimático de riesgo de afección por sarna (17 de noviembre) para Valle Medio. Red colaborativa de EMAs Patagonia Norte

GRANIZO

El período de granizadas para la región de valles irrigados de Patagonia norte es de octubre a marzo. De acuerdo a los registros históricos, ocurren de 4 a 6 granizadas por temporada productiva.

En la mayoría de las localidades las granizadas se dan con mayor frecuencia en el mes de enero y diciembre. Durante noviembre del 2022 se registraron dos eventos de precipitaciones importantes desde el punto de vista agropecuario. Las granizadas acontecieron el día 9, 13 y 17 de noviembre y posteriormente en enero y febrero, afectando diferentes zonas de los valles irrigados de la provincia de Río Negro y Neuquén.

Las granizadas ocurridas el 9 y 17 de noviembre abarcaron ampliamente toda la región de Patagonia norte, y la superficie productiva afectada por granizo se localizó en los ejidos de las ciudades de Fernández Oro y Allen en la primera tormenta y en Villa Regina, Coronel

Belisle y Luis Beltrán en la segunda. En la primera tormenta hubo varias zonas con grado grave de afectación, mientras que en la segunda tormenta el grado de afectación fue de moderado a leve. Cabe destacar que en la zona de Villa Regina se concentra un núcleo importante de productores frutícolas.

Las granizadas ocurridas el 16 y 19 de enero se concentraron al oeste de la zona de Alto Valle, sobre las localidades de San Patricio del Chañar y Añelo. Se caracterizaron como de grado medio de acuerdo con la densidad y tamaño del granizo.

El último evento se registró en febrero afectando principalmente la zona centro-este del Alto Valle: desde Ingeniero Huergo a Villa Regina.

En los siguientes mapas (Figuras 17 a 20) se muestra el grado de afectación productiva en función de las características del granizo caído (densidad y tamaño).



Figura 17. Área afectada el día 9 de noviembre. Localidades de Fernández Oro y Allen

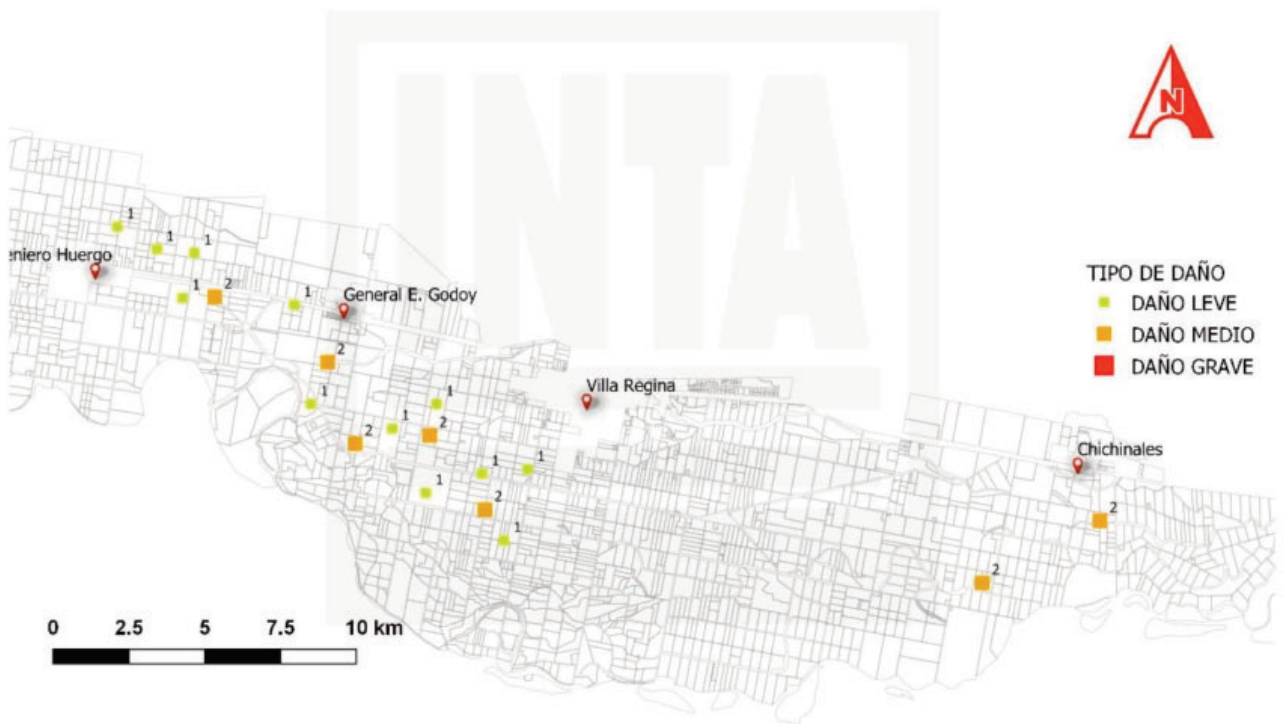


Figura 18. Área afectada el día 17 de noviembre. Localidades de Villa Regina y Chichinales. Zona Alto Valle



Figura 19. Área afectada el día 17 de noviembre. Localidades coronel Belisle y Luis Beltrán. Zona Valle Medio

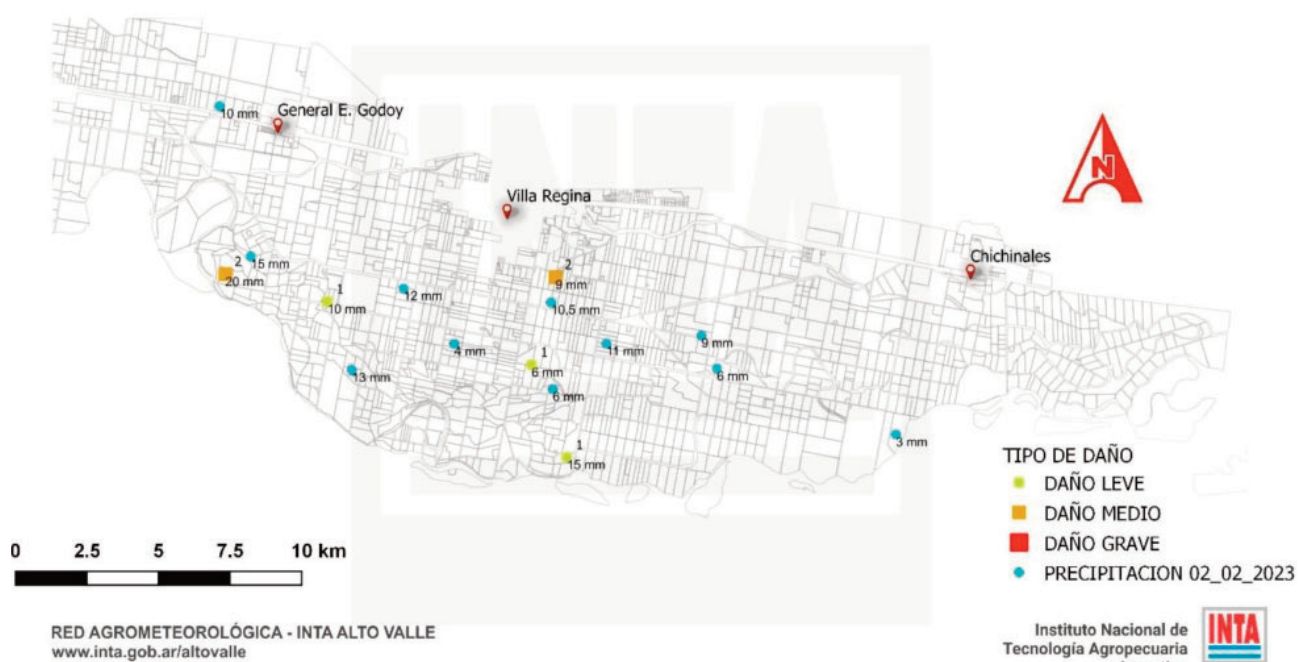


Figura 20. Área afectada el día 2 de febrero. Localidad de Villa Regina. Zona Alto Valle

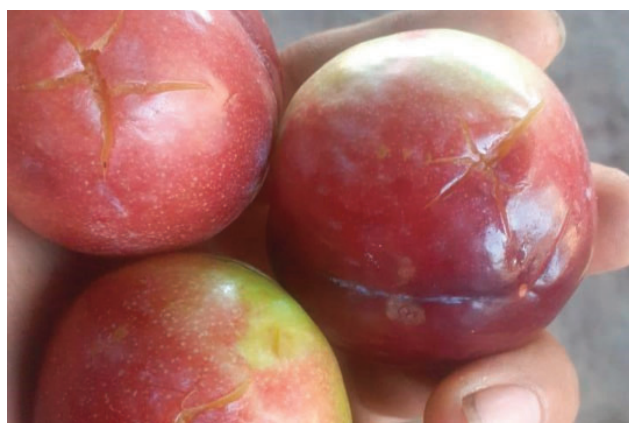
GALERÍA DE IMÁGENES



Manzana golpeada: 17 noviembre de 2022. Villa Regina



Pera afectada por granizo: 2 de febrero de 2023. Ingeniero Huergo



Ciruela afectada por granizo: 2 de febrero de 2023. Villa Regina



Granizo caído en febrero de 2023

SIGUE >>

EMERGENCIAS AGROPECUARIAS POR HELADA Y GRANIZO EN LAS PROVINCIAS DE RÍO NEGRO Y NEUQUÉN

Las heladas primaverales tardías y las granizadas ocurridas afectaron un 30 % del total de superficie cultivada con frutales, hortalizas y forrajes. Estas adversidades climáticas impactaron significativamente la producción durante la temporada. A continuación, presentamos un análisis descriptivo a partir de los informes de daño exhibidos a los organismos provin-

ciales pertinentes de las provincias de Río Negro y Neuquén.

Datos provinciales correspondientes a declaraciones juradas indican un total de 12.000 hectáreas con pérdidas superiores al 50 % de la producción frutícola (Figura 22).

La actividad vitícola fue una de las más afectadas en las dos provincias (Figura 23).

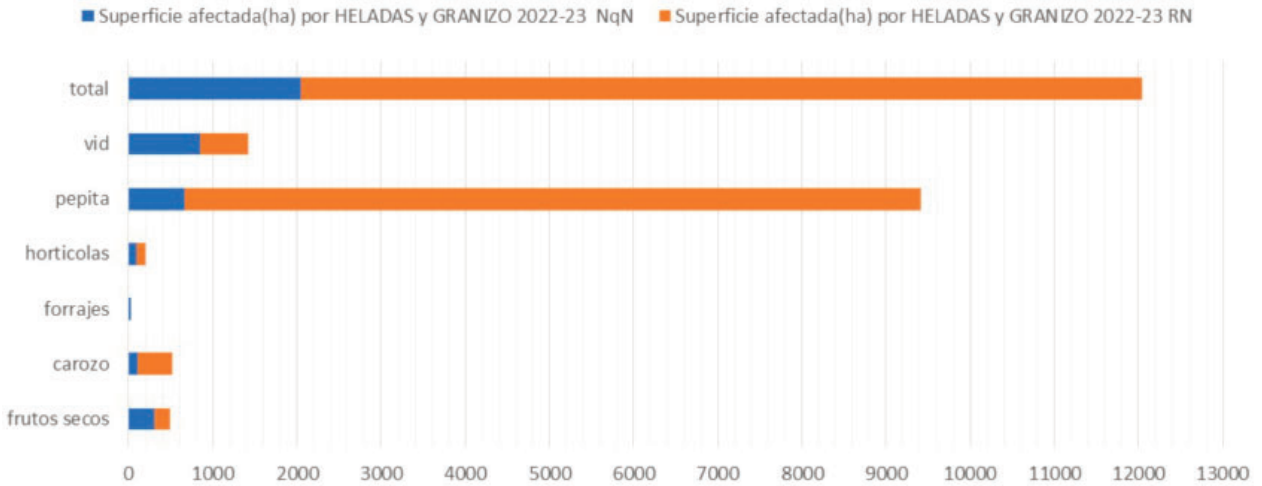


Figura 21. Superficie productiva afectada en las provincias de Río Negro y Neuquén por cultivo, declarado como dañado. Elaboración propia con datos otorgados por la Subsecretaría de Producción del Neuquén y la Secretaría de Producción Frutícola de Río Negro

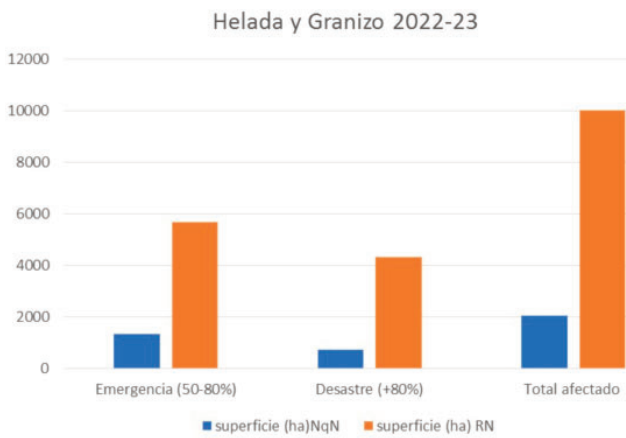


Figura 22. Superficie productiva declarada en emergencia y desastre para las provincias de Río Negro y Neuquén. Elaboración propia con datos otorgados por la Subsecretaría de Producción del Neuquén y la Secretaría de Producción Frutícola de Río Negro

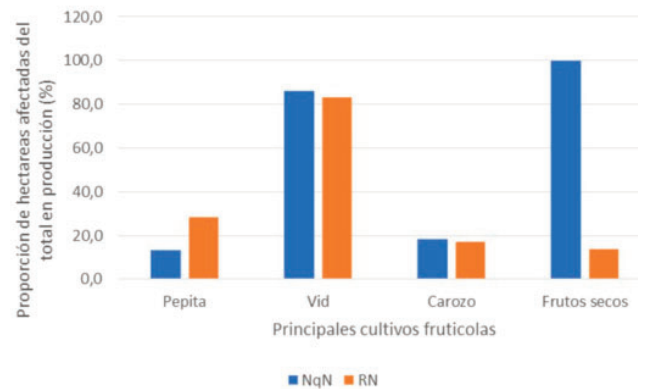


Figura 23. Proporción de superficie afectada del total en producción por cultivo frutícola. Elaboración propia con datos otorgados por la Subsecretaría de Producción del Neuquén y la Secretaría de Producción Frutícola de Río Negro

Sin lugar a dudas, la tecnología para mitigar el efecto adverso de estos eventos climáticos es variable en eficiencia y eficacia en el control, por lo que la variabilidad sobre el grado de protección también es alta. Debemos contemplar también las características de cada cultivo y las propias al ambiente de cada predio productivo.

La horticultura a cielo abierto sufre consecuencias irreversibles ante heladas extraordinarias como la ocurrida en el mes de febrero y granizadas a partir del mes de noviembre. Son pocas las alternativas tecnológicas en esta cadena productiva para disminuir los daños de calidad y rendimiento. •

El INTA Alto Valle trabaja sobre estrategias de adaptación y mitigación para atenuar los efectos del calentamiento global y la variabilidad climática sobre la producción local.

Realizamos la evaluación de tecnologías duras como el uso de mallas antigranizo, momentos oportunos de raleo, sistemas de control de heladas y eficiencia de riego predial, por mencionar algunos.

También, focalizamos nuestro esfuerzo en el soporte de decisiones a través del desarrollo de índices bioclimáticos que le permitan al productor tomar decisiones asertivas, lo que actualmente se menciona como "agricultura climáticamente inteligente".

