

Área de Agrometeorología
Muñoz Ángel R.
munoz.angel@inta.gob.ar



**Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria
Argentina**

Rodriguez Andrea B.
rodriguez.andrea@inta.gob.ar

AIC
Frasseto Fernando

FRUTICULTURA Y AGROMETEOROLOGÍA

El fenómeno del niño ha provocado efectos notorios sobre el desarrollo fenológico en frutales de pepita, debido a las condiciones húmedas y frescas que se han presentado a fines de invierno y primavera. Como hemos expresado en boletines anteriores, se observó gran heterogeneidad en las fases de desarrollo fenológico en las diferentes zonas de los valles irrigados de Patagonia norte. Hasta principios de verano la acumulación térmica de la temporada actual era algo menor a lo normal para la región. Avanzado el verano hubo un incremento térmico paulatino y presencia de olas de calor que regularon e inciden en el crecimiento y desarrollo de los frutos.

Desde el domingo 21 de enero, hasta el viernes 2 de febrero, el tiempo sobre el norte de la Patagonia (así como en gran parte del territorio nacional) estuvo dominado por la presencia de un bloqueo atmosférico en el cual la persistencia y muy lento desplazamiento del anticiclón del Atlántico Sur provocó el ingreso sostenido de aire subtropical con arrastre de calor continental sobre el centro del país.

Esto dio lugar a condiciones atmosféricas mayormente estables sobre la región de los valles bajo riego de Neuquén y Río Negro con escasos períodos de tormentas y precipitaciones poco significativas que, con las condiciones de alta radiación solar propias de esta época del año, derivaron en temperaturas extremadamente altas tanto en el registro de máximas diurnas como en el de mínimas nocturnas.

Temperaturas

Temperaturas medias de la temporada

En la figura 1 y 2 se observan los comportamientos térmicos del trimestre dic-ene-feb para la zona de Alto Valle y Valle Medio. En términos comparativos con la temporada anterior diciembre fue más fresco, principalmente en la primera quincena con días fríos muy marcados el 3 y 18-19 para las dos zonas. El mes de enero se caracteriza por ser más cálido que la temporada anterior durante la última semana. El otro periodo cálido que difiere significativamente de la temporada anterior ocurrió 15-16 de febrero.

Las lluvias registradas difieren entre zonas, concentrándose en Alto Valle fines de enero y principios de febrero, mientras que en Valle Medio ocurrieron en la segunda quincena de diciembre y principios de enero.

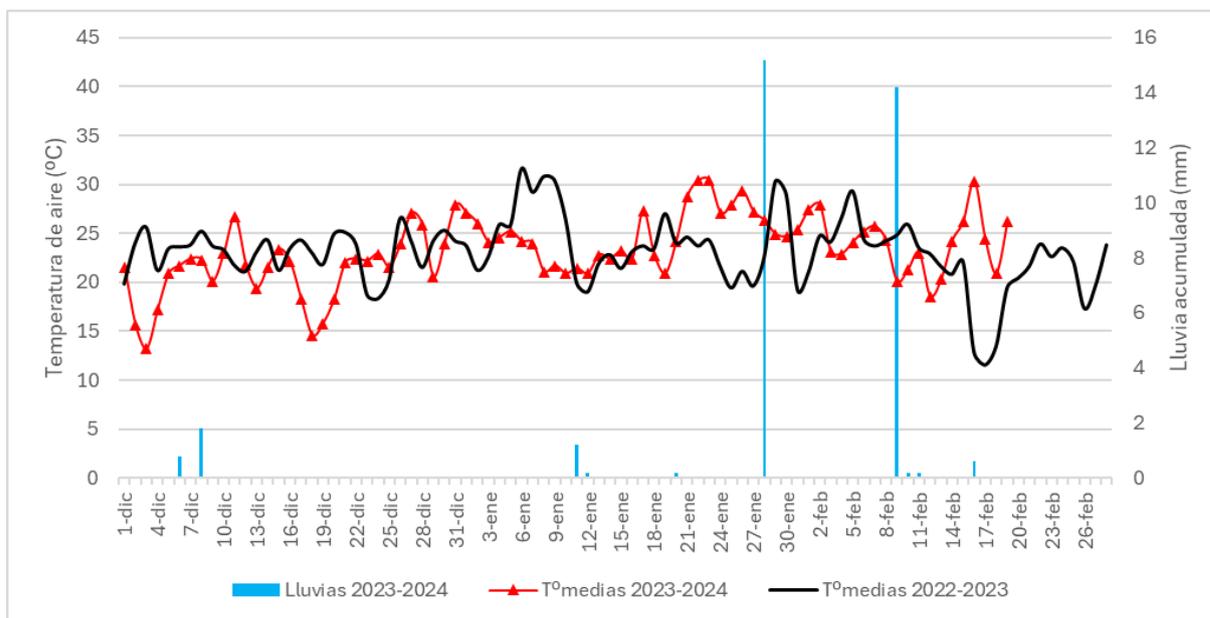


Figura 1. Régimen térmico zona de Alto Valle, temperaturas medias diarias y lluvias.

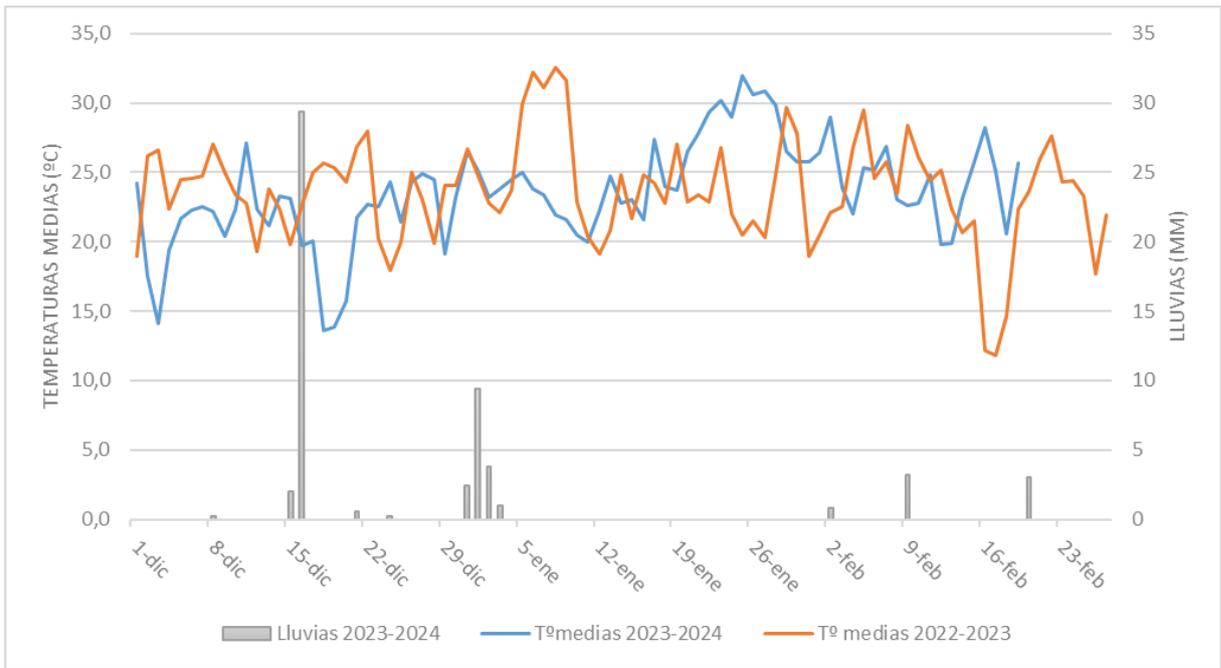


Figura 2. Régimen térmico zona de Valle Medio, temperaturas medias diarias y lluvias.

Como mencionamos al inicio de este informe no solo el incremento térmico se manifestó durante el día, sino que presenciamos periodos nocturnos cálidos. De acuerdo con el análisis de temperaturas mínimas (figura 3) el periodo de noches más cálidas ocurrió a partir del 21 de enero hasta el 27 y posteriormente del 6 al 9 y 15 y 19 de febrero, respecto a la temporada anterior.

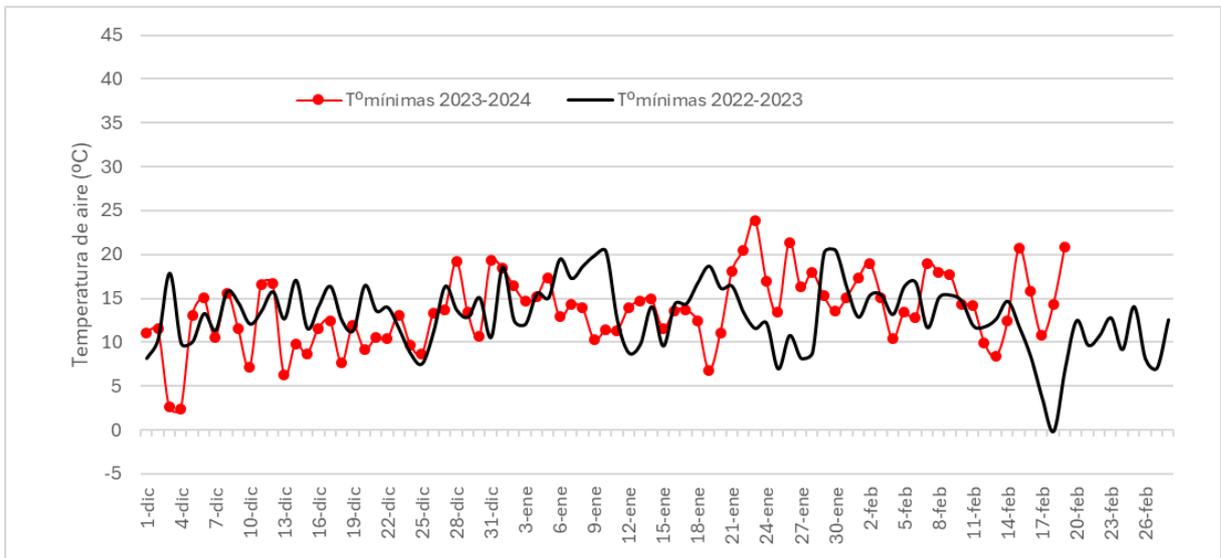


Figura 3. Régimen térmico zona de Alto Valle, temperaturas mínimas diarias.

El aumento en las temperaturas mínimas se observa claramente en el análisis de anomalías diarias. Los meses de enero y febrero 2024 presentan un periodo continuo de noches cálidas con valores de temperaturas mínimas que superan en más de 5 °C al valor

medio del último quinquenio (figura4). También observamos en este análisis los periodos frescos del 13 al 27 de diciembre.

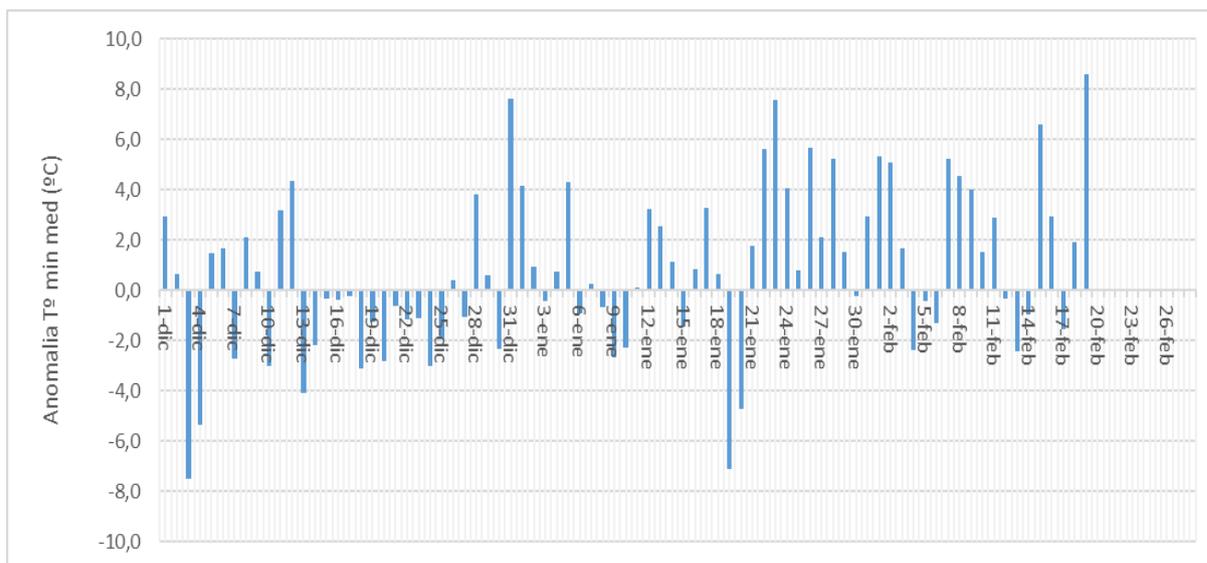


Figura 4. Anomalías de temperaturas mínimas medias diarias de verano con respecto al último quinquenio. Zona Alto Valle.

El análisis horario de temperaturas menores a 10°C en el periodo estival es de utilidad para vincular con la presencia de fisiopatías poscosecha y evolución de madurez. Como se observa en la figura 5, la temporada 2023-2024 fue de noches frescas solo en el mes de diciembre. Las temporadas anteriores presentan mayor frecuencia de noches frescas en enero y febrero.

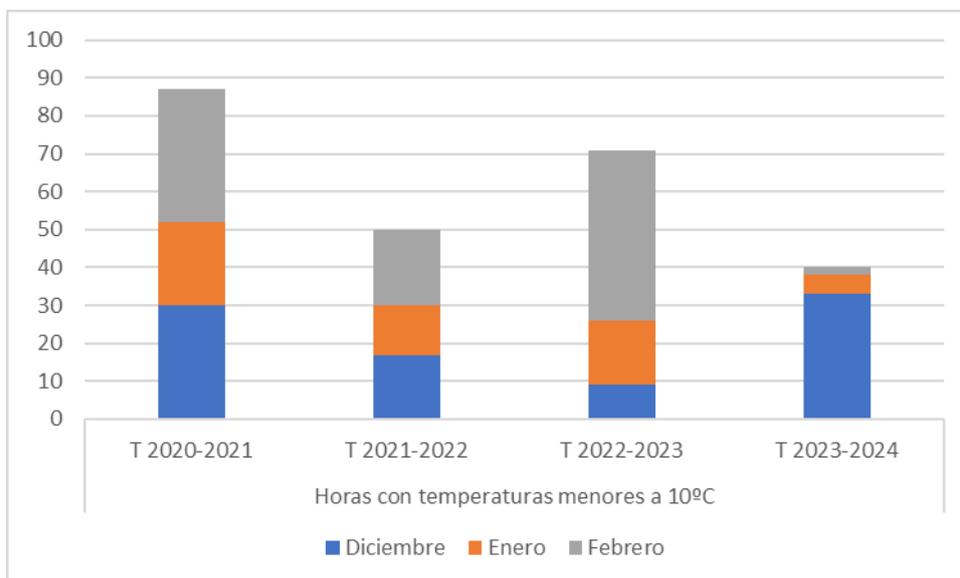


Figura 5. Acumulación horaria de temperaturas menores a 10°C. Zona del Alto Valle para las últimas 4 temporadas productivas.

El periodo más cálido del trimestre estival fue desde el 20 de enero al 2 de febrero, 14 días consecutivos (figura 6). A partir del 14 de febrero vuelve a incrementarse el valor de las máximas. Con respecto a la temporada anterior el periodo de máximo calor fue discontinuo, comenzando con máximas por encima de 35°C en el mes de diciembre, con un periodo crítico del 4 al 10 enero.

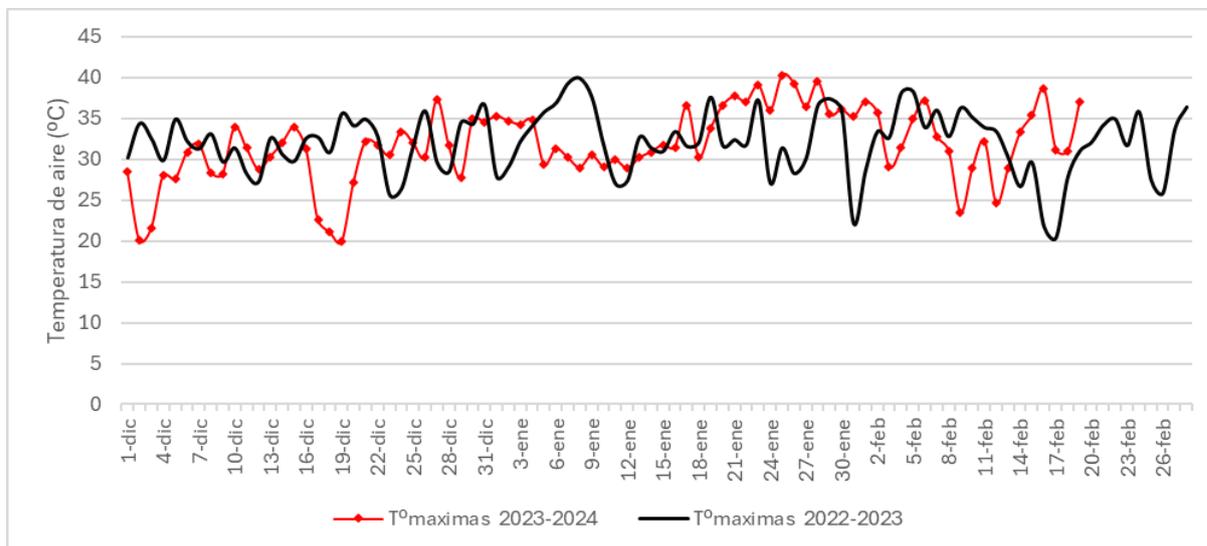


Figura 6. Temperaturas máximas absolutas diarias de verano, temporadas 2022-2023 y 2023-2024.

Del análisis de olas de calor, la temporada en curso acusa la mayor cantidad de días continuos con temperaturas máximas superiores a 35°C (12 días) de las últimas cuatro temporadas, pero con menor cantidad de días con temperaturas extremas mayores a 37°C (figura 7). En la temporada anterior la ola de calor fue más corta (5 días) pero con una alta frecuencia de temperaturas extremas (> 37°C). Este análisis se realiza con datos meteorológicos de la zona rural y en abrigo meteorológico (normas OMM). Por esta razón el valor de 35°C es un umbral adecuado para analizar el efecto sobre los frutales. Las hojas y frutos expuestos a la radiación solar directa pueden llegar a temperaturas de hasta 10°C por encima de la temperatura de aire (Rodríguez et al.,2020, Raffo et al.,2011). El gasto energético para disipar el calor, la disminución de la tasa de fotosíntesis e incluso el daño por sol empiezan a manifestarse con temperaturas de aire por encima de 32°C, debido a las características regionales de radiación solar (Rodríguez & Muñoz. 2022).

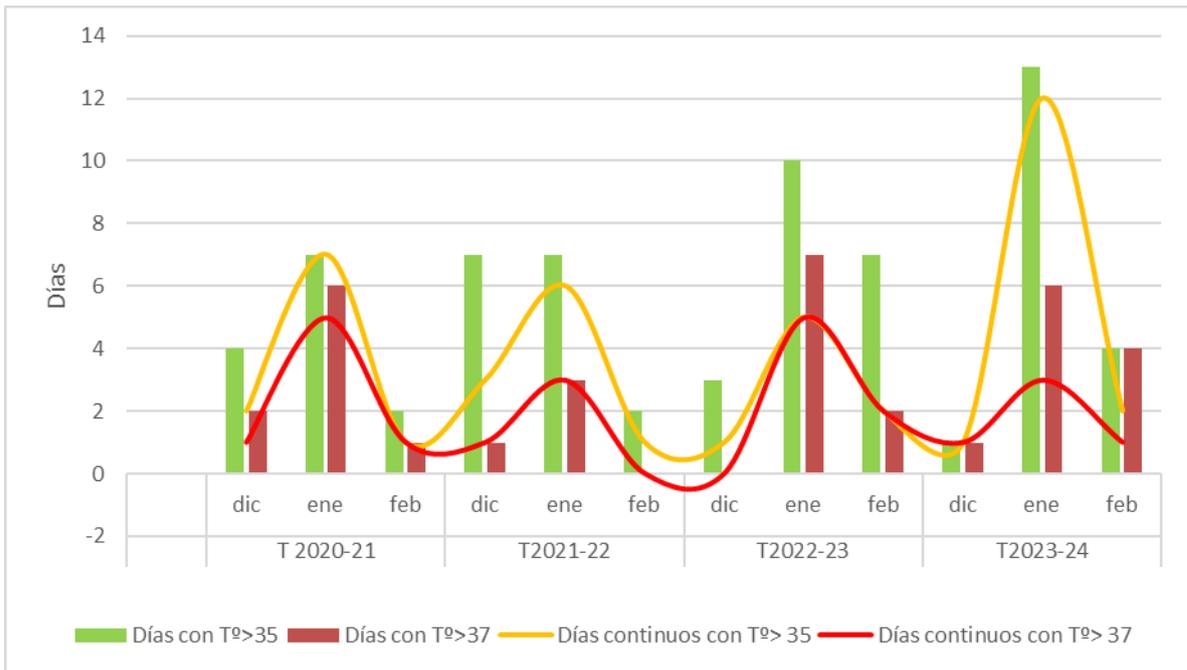


Figura 7. Evaluación de temperaturas extremas. Alto Valle.

Del análisis térmico horario (figura 8), la temporada actual supera a las últimas tres.

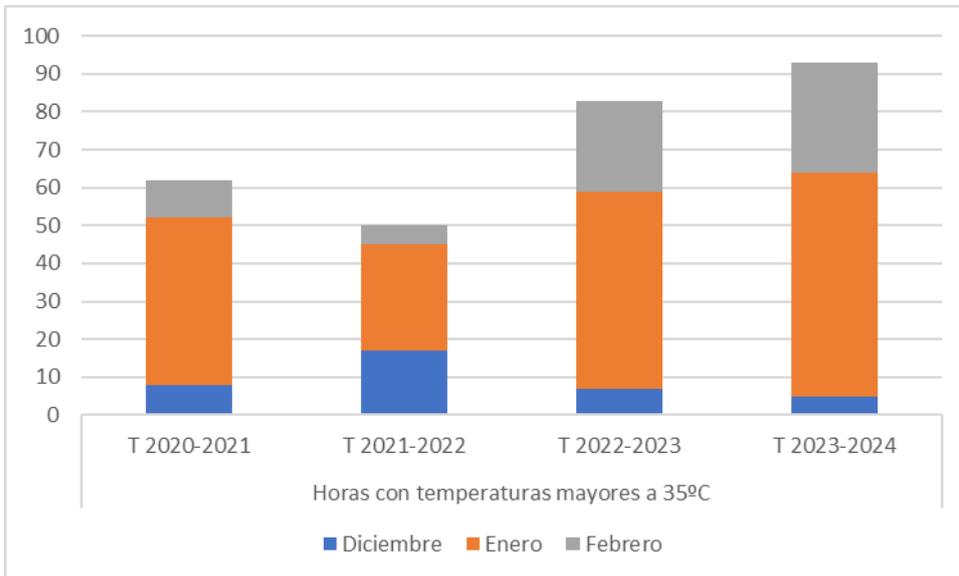


Figura 8. Temperaturas máximas absolutas diarias de verano, temporadas 2022-2023 y 2023-2024.

El análisis de variabilidad térmica interanual y magnitud de las olas de calor se ve reflejado en la figura 9 a través de los índices de temperaturas extremas de los últimos 50 años. Los días con temperaturas por encima de los 38°C en verano siguen incrementándose al igual que la frecuencia de años con días que superan los 40°C en zonas rurales.

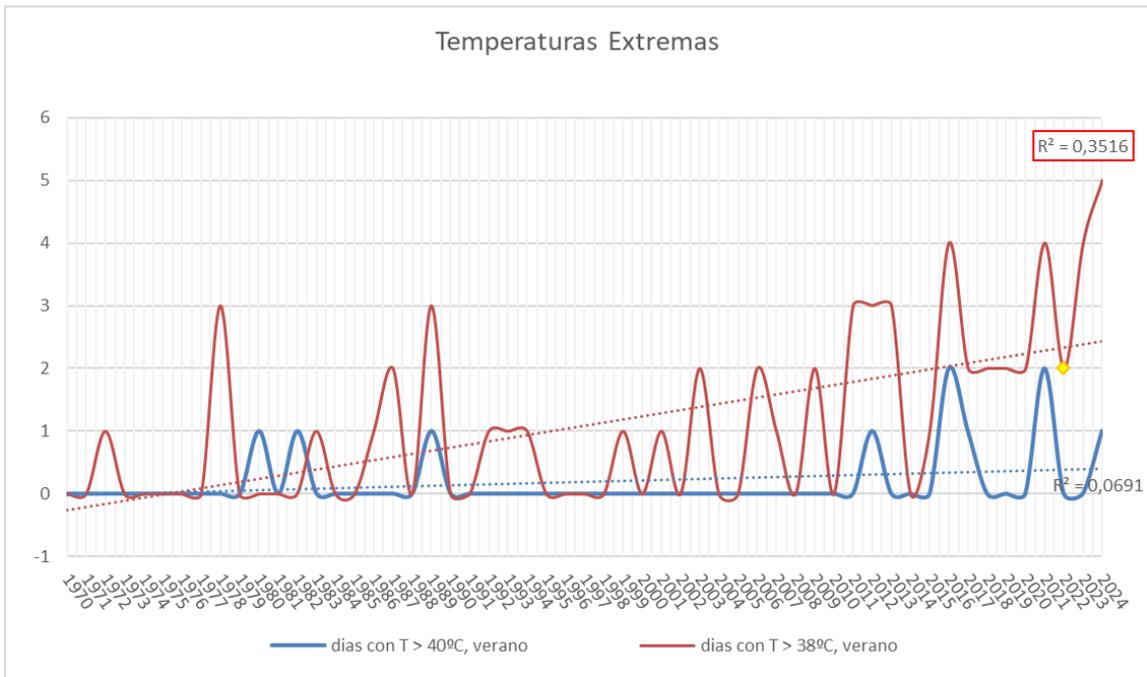


Figura 9. Índice de temperaturas extremas de verano (dic-ene-feb), serie 1970-2024.

Las anomalías de temperaturas máximas medias de aire en el trimestre estival continúan con tendencias positivas sostenidas desde el año 2015, marcando a la última década como la más cálida de los últimos 50 años (figura 10).

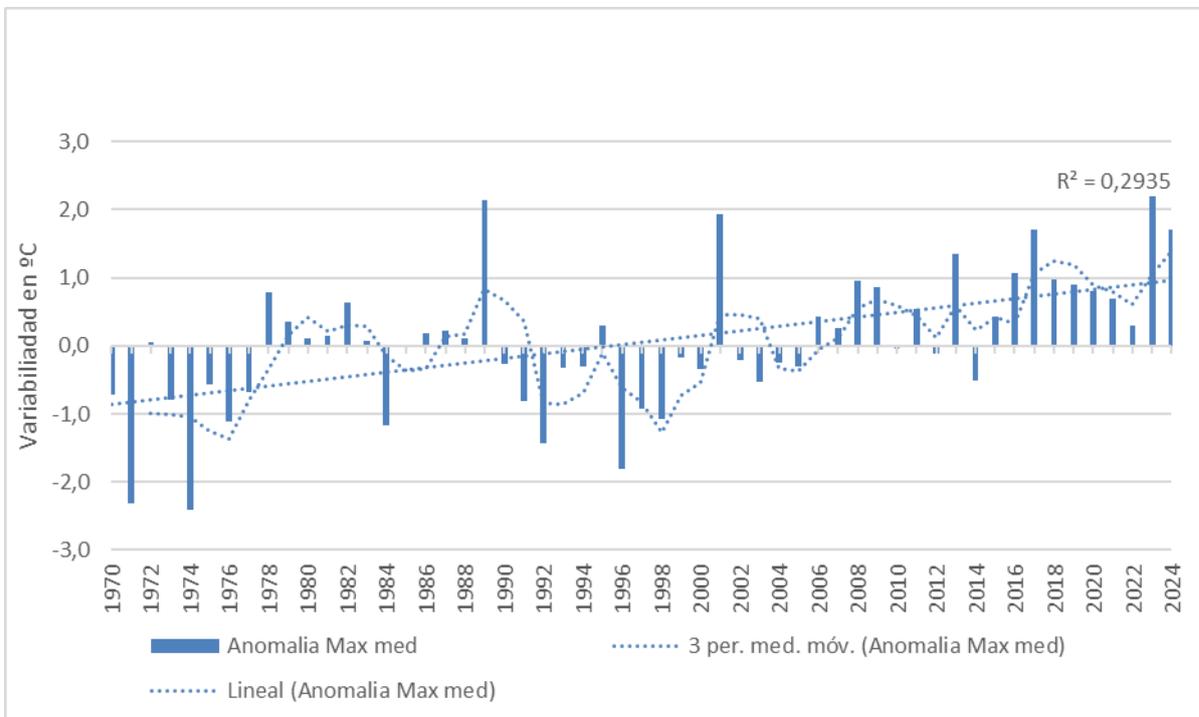


Figura 10. Variabilidad interanual de la temperatura máxima media (dic-ene-feb), expresada como anomalía con respecto al valor medio histórico, serie 1970-2021.

El índice bioclimático de daño por sol, está muy por encima de la curva media y supera lo registrado la temporada anterior (figura 11). Valores acumulados del índice, de noviembre a febrero, de 80 a 150 horas se asocian a daño moderado y superiores a 160 horas a daño grave en la epidermis del fruto. Como se observa en la figura 11, los valores medios (2003-2019) en la zona corresponden a la categoría grave considerando solo el factor meteorológico. El manejo hídrico, nutricional, la edad del fruto, la sensibilidad varietal, la orientación de la fila y el sistema de conducción inciden entre otras cosas sobre el resultado final del grado de afección (figura 12 y 13).

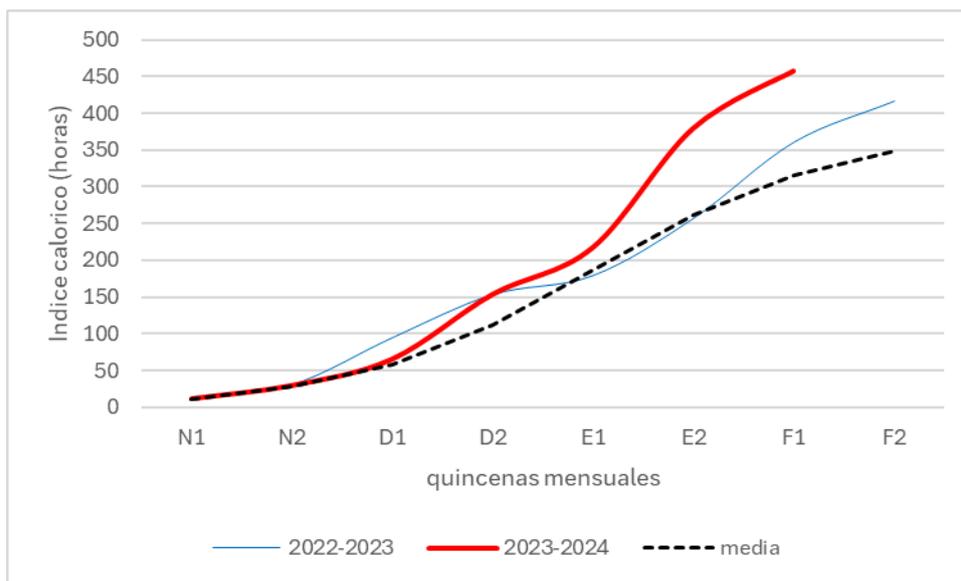


Figura 11. Índice bioclimático de probabilidad de daño potencial de asoleado.

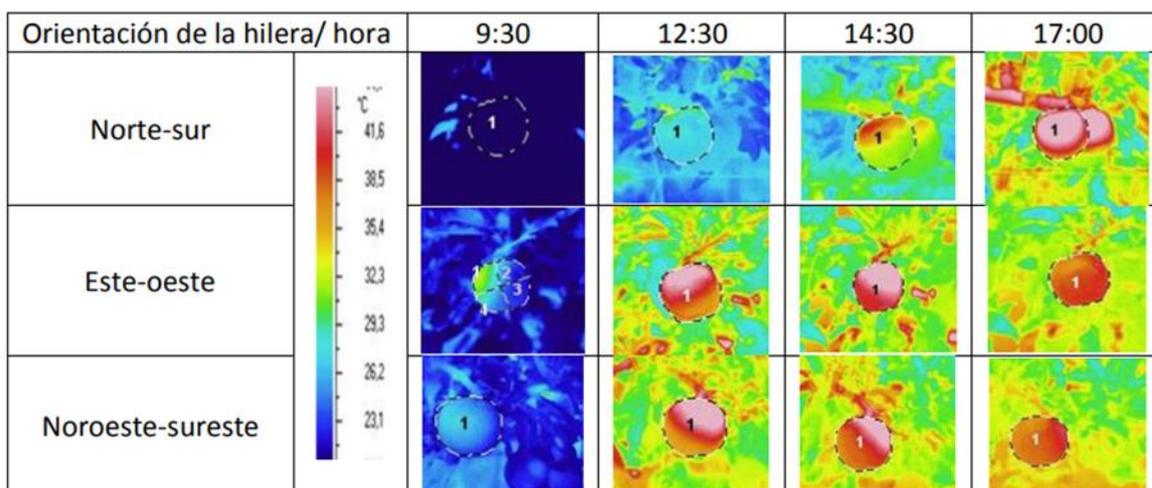


Figura 12. Imágenes térmicas de frutos de manzana expuestos a radiación solar directa en cuatro momentos del día para tres sistemas de orientación. (De Rodríguez et al., 2020).

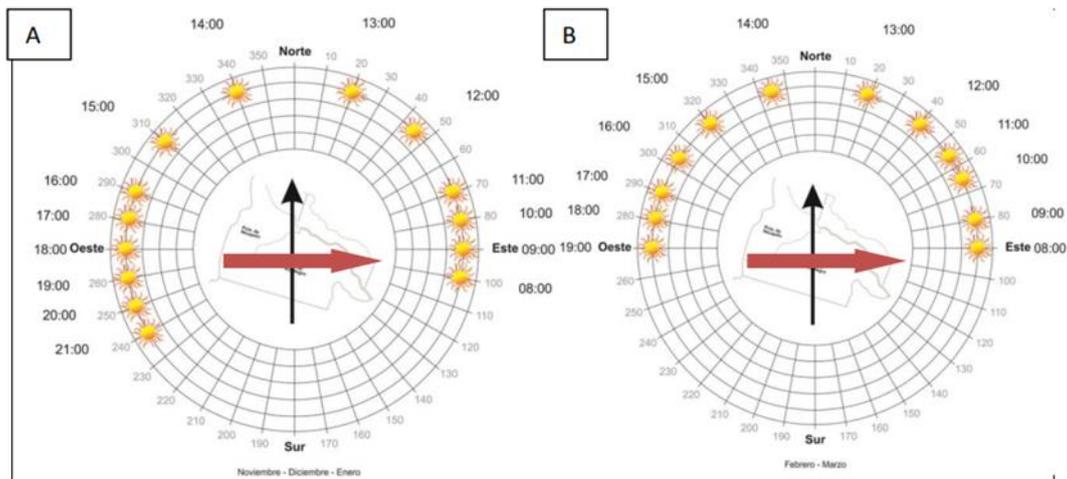


Figura 13. Ángulos de posición del sol para los meses de A: noviembre, diciembre, enero y B: febrero y marzo. La flecha roja indica una orientación de filas de este a oeste y la negra una orientación de norte a sur (De Rodríguez et al., 2020).

Radiación

Los meses de noviembre, diciembre y enero son los de mayor radiación (figura 14). El 43% de los días del año se encuentra en condiciones de cielo despejado y en su gran mayoría corresponden a días de verano (Rodríguez & Muñoz, 2022).

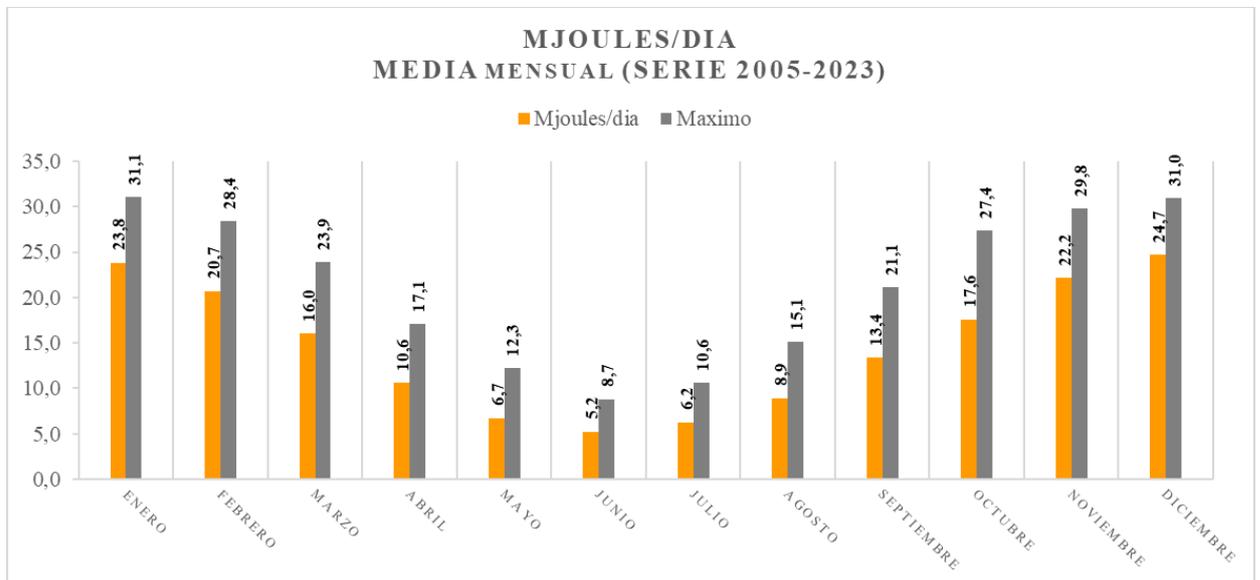


Figura 14. Radiación solar acumulada diaria. Valores medios y máximos de cada mes. Zona Alto Valle.

Es complejo el análisis de variabilidad interanual de radiación solar y su incidencia sobre el desarrollo y crecimiento de los frutales. Los valores de radiación expresados en términos de energía acumulada por día son los más usados. Para ello se requiere el registro continuo

de la variable. El régimen anual medio de radiación diaria acumulada para la zona de Alto Valle se expone en la figura 15, (2005-2023). La temporada actual tiene un comportamiento variable pero generalmente por encima de la curva media.

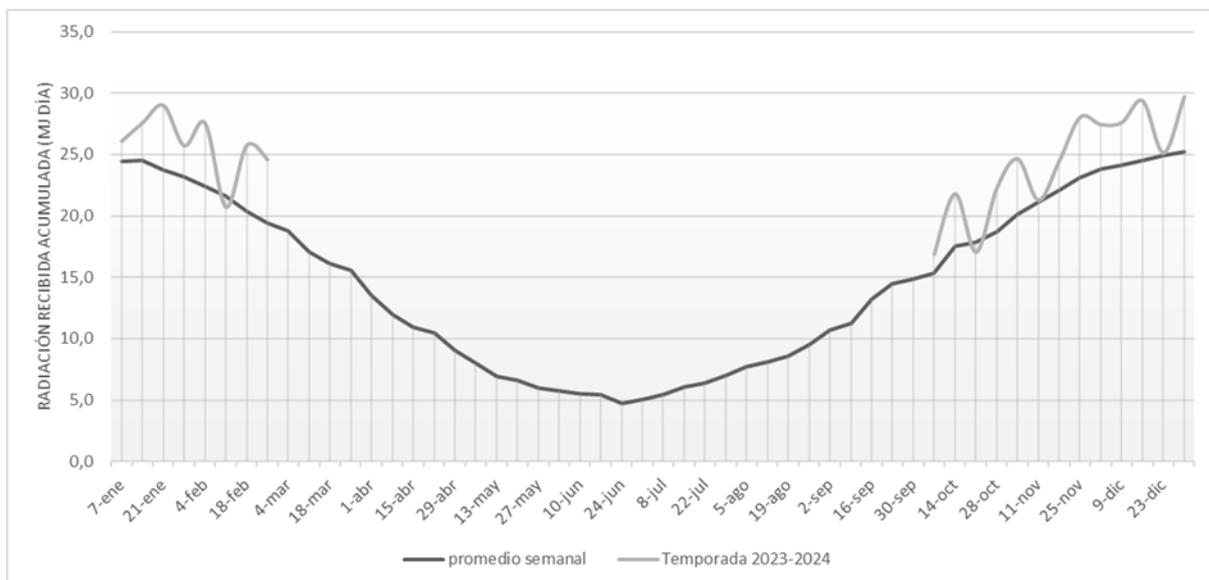


Figura 15. Régimen anual de radiación acumulada, zona Alto Valle.

Las anomalías de diciembre a febrero nos indican una acumulación mayor a la media (positiva) en la tercera semana de enero y primera de febrero (figura 16). Esta mayor radiación recibida coincide claramente con la ola de calor comentada anteriormente. Es decir que no solamente ocurrieron en este verano mayores temperaturas (máximas y mínimas) como se comentó anteriormente, sino que también registramos mayores valores de radiación solar. A partir de la segunda semana de febrero la presencia de días nublados disminuyó la radiación solar recibida e incluso se registran anomalías negativas. Con respecto a la temporada anterior durante el mes de diciembre los valores de radiación acumulada fueron menores en 2023 (mayor frecuencia de días nublados) que en 2022.

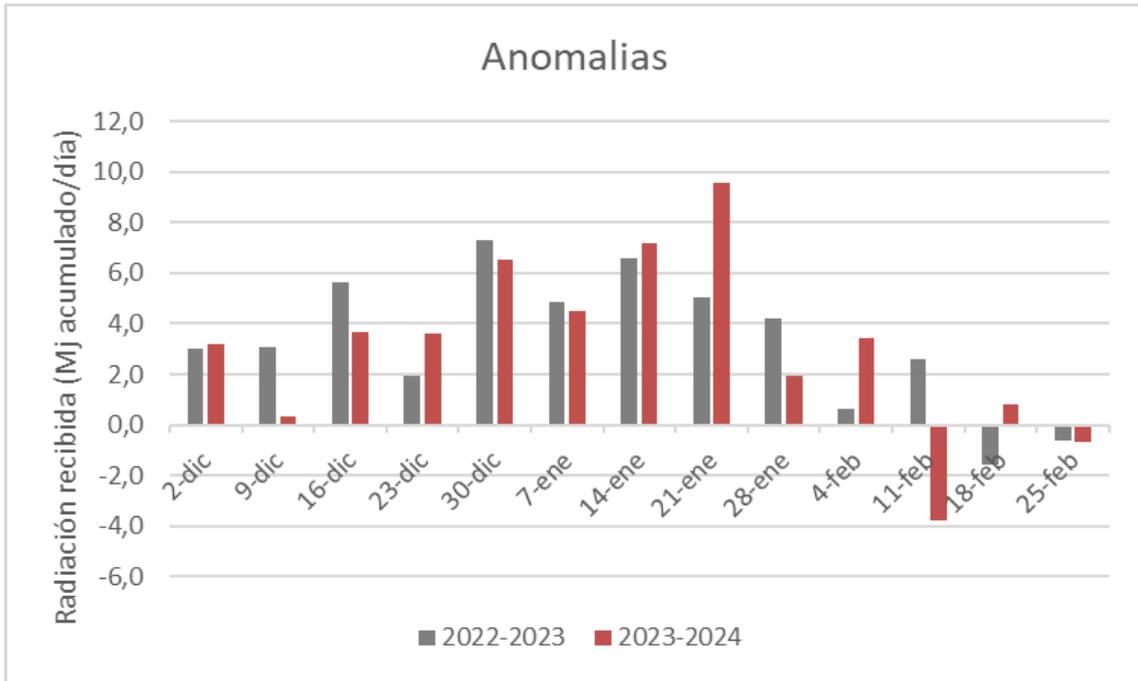


Figura 16. Anomalías diarias de radiación acumulada, temporada 2023-24 y 2022-23. Alto Valle.

Conclusiones

Los frutales de pepita y carozo sufren condiciones de estrés ante las altas temperaturas y altos valores de radiación solar. Como puede verse en la figura 17, existe una respuesta fotosintética dependiente de la radiación y la temperatura que condiciona en síntesis la productividad del cultivo. Altos valores de radiación o muy bajos son contraproducentes. El régimen térmico más adecuado en términos de eficiencia fotosintética va de 15° a 31°C.

PAR (micro mol fotones/m ² .segundo)	Temperatura (°C)																														
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
0	-0,09	-0,1	-0,1	-0,10	-0,10	-0,11	-0,11	-0,12	-0,12	-0,13	-0,14	-0,15	-0,15	-0,16	-0,17	-0,19	-0,20	-0,21	-0,22	-0,23	-0,25	-0,26	-0,27	-0,29	-0,31	-0,34	-0,36	-0,38	-0,41	-0,42	-0,44
100	-0,05	-0,05	-0,04	-0	-0	-0,04	-0	-0	-0	-0,04	-0,04	-0,05	-0,05	-0,06	-0,06	-0,06	-0,07	-0,07	-0,08	-0,09	-0,10	-0,11	-0,13	-0,14	-0,16	-0,18	-0,19	-0,20	-0,21	-0,22	
200	-0,01	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	-0,01	-0,01
300	0,01	0,03	0,05	0,07	0,09	0,10	0,11	0,12	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,18	0,19	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21	0,20	0,20	0,20	0,19	0,18	0,17	0,15	0,14	0,13	0,11
400	0,01	0,05	0,09	0,12	0,14	0,17	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,27	0,29	0,30	0,30	0,31	0,32	0,33	0,33	0,34	0,34	0,34	0,33	0,32	0,31	0,29	0,27	0,25	0,23	0,21	0,19
500	0,02	0,07	0,12	0,16	0,20	0,23	0,26	0,28	0,31	0,34	0,36	0,38	0,41	0,41	0,42	0,44	0,45	0,46	0,46	0,47	0,47	0,47	0,46	0,45	0,43	0,41	0,38	0,35	0,32	0,29	0,26
600	0,02	0,08	0,14	0,19	0,23	0,27	0,30	0,33	0,36	0,39	0,41	0,44	0,47	0,48	0,49	0,51	0,52	0,53	0,54	0,54	0,55	0,54	0,54	0,52	0,50	0,47	0,44	0,41	0,37	0,34	0,30
700	0,03	0,09	0,16	0,21	0,26	0,30	0,34	0,37	0,41	0,45	0,47	0,50	0,54	0,54	0,56	0,58	0,59	0,61	0,62	0,62	0,62	0,62	0,61	0,59	0,57	0,54	0,50	0,47	0,42	0,38	0,34
800	0,03	0,10	0,18	0,24	0,29	0,34	0,37	0,41	0,45	0,49	0,52	0,56	0,59	0,60	0,62	0,64	0,65	0,67	0,68	0,68	0,69	0,68	0,68	0,66	0,63	0,60	0,55	0,51	0,47	0,42	0,38
900	0,03	0,11	0,19	0,25	0,31	0,36	0,40	0,44	0,49	0,53	0,56	0,60	0,64	0,65	0,67	0,68	0,70	0,72	0,73	0,73	0,74	0,73	0,73	0,71	0,67	0,64	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
1000	0,03	0,12	0,20	0,27	0,33	0,39	0,43	0,47	0,52	0,57	0,60	0,64	0,68	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77	0,78	0,78	0,79	0,78	0,78	0,76	0,72	0,69	0,64	0,59	0,54	0,49	0,43
1100	0,03	0,12	0,21	0,28	0,34	0,40	0,45	0,49	0,54	0,59	0,62	0,67	0,71	0,72	0,74	0,76	0,78	0,80	0,81	0,82	0,82	0,82	0,81	0,79	0,75	0,71	0,66	0,62	0,56	0,51	0,45
1200	0,04	0,13	0,22	0,29	0,36	0,42	0,47	0,51	0,56	0,61	0,65	0,69	0,74	0,75	0,77	0,79	0,81	0,83	0,84	0,85	0,85	0,85	0,84	0,82	0,78	0,74	0,69	0,64	0,58	0,53	0,47
1300	0,04	0,13	0,23	0,31	0,37	0,43	0,48	0,53	0,58	0,63	0,67	0,72	0,76	0,77	0,80	0,82	0,84	0,86	0,87	0,88	0,88	0,88	0,87	0,85	0,81	0,77	0,71	0,66	0,60	0,54	0,48
1400	0,04	0,14	0,24	0,31	0,38	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,69	0,74	0,79	0,80	0,82	0,85	0,87	0,89	0,90	0,91	0,91	0,90	0,90	0,87	0,83	0,79	0,74	0,68	0,62	0,56	0,50
1500	0,04	0,14	0,24	0,32	0,39	0,46	0,51	0,57	0,62	0,67	0,71	0,76	0,81	0,82	0,85	0,87	0,89	0,92	0,93	0,93	0,94	0,93	0,92	0,90	0,86	0,82	0,76	0,70	0,64	0,58	0,52
1600	0,04	0,14	0,25	0,33	0,40	0,47	0,52	0,57	0,63	0,69	0,73	0,78	0,83	0,84	0,86	0,89	0,91	0,93	0,95	0,95	0,96	0,95	0,94	0,91	0,87	0,83	0,77	0,72	0,65	0,59	0,52
1700	0,04	0,15	0,25	0,34	0,41	0,48	0,53	0,58	0,64	0,70	0,74	0,79	0,84	0,85	0,88	0,90	0,93	0,95	0,96	0,97	0,97	0,96	0,96	0,93	0,89	0,84	0,79	0,73	0,66	0,60	0,53
1800	0,04	0,15	0,25	0,34	0,41	0,48	0,54	0,59	0,65	0,71	0,75	0,80	0,85	0,86	0,89	0,91	0,94	0,96	0,97	0,98	0,98	0,98	0,97	0,94	0,90	0,85	0,80	0,74	0,67	0,61	0,54
1900	0,04	0,15	0,26	0,34	0,41	0,49	0,54	0,60	0,66	0,71	0,75	0,80	0,86	0,87	0,90	0,92	0,94	0,97	0,98	0,98	0,99	0,98	0,98	0,95	0,91	0,86	0,80	0,74	0,68	0,61	0,54
2000	0,04	0,15	0,26	0,35	0,42	0,49	0,55	0,60	0,66	0,72	0,76	0,81	0,86	0,87	0,90	0,93	0,95	0,98	0,99	0,99	1,00	0,99	0,98	0,96	0,91	0,87	0,81	0,75	0,68	0,61	0,55

Figura 17. Tasa relativa de fotosíntesis neta de manzano, en función de temperatura de aire y radiación. (De Curetti et al., 2014).

En la presente temporada las bajas temperaturas del mes de diciembre (1º y 3º semana), principalmente cuando coincidió con baja recepción de energía solar, fueron en detrimento del crecimiento de los frutos (edad 60-70 ddpf). Este escenario acentuó los problemas de tamaño de fruta ya condicionados por la heterogeneidad de la floración y temperaturas poco favorables de la fase de división celular.

Por otro lado, durante el mes de enero altas temperaturas (diurnas- nocturnas) y altos valores de radiación solar provocaron condiciones de estrés que, dependiendo de la especie, puede ocasionar cierre estomático y cese de crecimiento. Por ejemplo, en estudios locales hubo diferentes respuestas según la especie evaluada. En perales, ante condiciones de estrés térmico y vientos fuertes, observamos altos valores de conductancia estomática (gs), incluso superando los 3 kPa de déficit de presión de vapor. Esto marca cierta capacidad de adaptación de la especie a altas temperaturas y vientos. En manzanos se observó que la radiación tuvo más implicancia en el comportamiento estomático que la temperatura, dado que con valores por encima de 30°C, la conductividad estomática disminuye, pero este efecto se atenúa bajo malla antigranizo. En cerezos la conductividad estomática disminuye proporcionalmente al incremento de la temperatura (Mañueco *et al.*, 2015).

Como hemos comentado en análisis anteriores las variables meteorológicas influyen y regulan el desarrollo y calidad de la producción, pero las prácticas de manejo precosecha pueden potenciar o atenuar estos efectos. Las condiciones de estrés se magnifican si existen problemas de riego y/o suelo, si la poda no es adecuada o la carga es excesiva. En síntesis, un buen manejo a campo puede atenuar los efectos de las adversidades climáticas.

Las condiciones de estrés térmico también ocasionan pérdidas de calidad asociadas a la evolución de la madurez y ciertas fisiopatías que perjudican la calidad en conservación y posterior comercialización. Actualmente desarrollamos una línea de investigación que nos permita interpretar la respuesta de la velocidad de madurez de los frutos ante las condiciones de variabilidad climática, los datos serán presentados en un próximo informe.

Los datos meteorológicos aquí analizados corresponden a las estaciones meteorológicas oficiales del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria- EEA Alto Valle.

Publicaciones

Andrea Rodríguez y Angel Muñoz. (2022). Variabilidad agroclimática en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén: Análisis de los últimos 50 años. Ediciones INTA., Centro Regional Patagonia Norte. Pp 71. ISBN 978-987-679-343-8 (impreso) y ISBN 978-987-679-330-8 (digital). <https://inta.gob.ar/sites/default/files/variabilidad-agroclimatica-en-el-alto-valle-de-rio-negro-y-neuquen.pdf>

Rodríguez A., Á. Muñoz, M. Curetti, M.D. Raffo. 2020. Caracterización de riesgo de asoleado en frutales de pepita en función de índices agrometeorológicos locales, para los valles irrigados de la Patagonia norte. Revista de Fruticultura Española• N°74. marzo/abril, pág. 18-31.

Mañueco, M.L., Muñoz, M., Muñoz, A., Raffo, M., Rodríguez, A. (2015). Evaluación de la conductancia estomática como indicador de estrés por factores abióticos en frutales de hoja caduca. 38º Congreso Argentino de Horticultura, Bahía Blanca.

Curetti M., Ghilardi J., Rodriguez A.(2014). Evaluación del efecto de las condiciones ambientales y ajuste de un modelo de predicción de la tasa relativa de fotosíntesis como base de la productividad en manzano. XXXVII Congreso Argentino de Horticultura. Mendoza.