https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2026.9820

Cómo hacer frente a las olas de calor: puntos clave para implementar estrategias de mitigación para la supervivencia de las uvas

Julia Gouot-Davoust[1], Celia Barril[2], Jason Smith[2,4], Bruno Holzapfel[3,4], Leigh Schmidtke[2,4], Joanna Gambetta[5]

[1] VITINNOV, Bordeaux Sciences Agro, ISW, F-33175 Gradignan cedex, France
[2] School of Agricultural, Environmental and Veterinary Sciences, Faculty of Science and Health, Charles Sturt University, Locked Bag 588, Wagga Wagga, 2658, NSW, Australia
[3] Wagga Wagga Agriculture Institute, NSW Department of Primary Industries and Regional Development, Pine Gully Road, Wagga Wagga, NSW 2650,
[4] Gulbali Institute, Charles Sturt University, Mumbarra Drive, Wagga Wagga, New South Wales 2678
[5] School of Environmental and Life Sciences, The University of Newcastle, Brush Road, Ourimbah, NSW 2258, Australia

Los episodios de calor extremo han aumentado en frecuencia y pueden tener un impacto significativo en los cultivos agrícolas, incluyendo la viticultura. Desde la década de 1970, tanto la duración como la frecuencia de estos fenómenos han aumentado, lo que ha resultado en pérdidas de rendimiento y cambios perjudiciales en la composición de la uva debido a modificaciones en la madurez técnica, aromática y fenólica, además de otros problemas como las quemaduras solares[1]. Comprender por qué, cuándo y cómo es fundamental para mejor mitigar los efectos del calor extremo sobre la uva, la vid y el vino, y garantizar la sostenibilidad, el rendimiento y la calidad del vino[2].

Respuesta de las plantas al calor

El calor extremo y las olas de calor causan daños de diversa gravedad, dependiendo de su duración, intensidad, momento en que se producen y la presencia de otros factores ambientales de estrés[1]. En general, el aumento de las temperaturas resulta en una reducción de la fotosíntesis y un aumento de la transpiración. Si bien las vides pueden tolerar el calor y la sequía cuando ocurren por separado, les cuesta sobrellevar las olas de calor en condiciones de déficit hídrico. En estas condiciones, el estrés hídrico es agravado por el retraso del cierre de estomas cuando las plantas intentan regular el aumento de temperatura, especialmente en casos de variedades anisohídricas y en suelos de alto drenaje (por ejemplo, arenosos). Cuando el calor es extremo y existe estrés hídrico, se produce un fallo hidráulico y muerte celular, lo que da lugar al marchitamiento de las copas, y a un aumento de la exposición de las uvas y de la temperatura de los racimos. El estrés térmico afecta negativamente la composición de la uva y la calidad del vino, alterando el contenido de azúcares, ácidos, aminoácidos y metabolitos secundarios[2], y provoca una disminución de la calidad que resulta en vinos desequilibrados con un mayor contenido de etanol.

Daños subletales y letales en las bayas

Los episodios de calor pueden clasificarse como subletales o letales en función de la temperatura y el grado de daño. Mientras que los episodios subletales (>35 °C) modifican la composición de las bayas y disminuyen la calidad general, los episodios letales (>40 °C) suelen provocar pérdidas significativas de rendimiento.

El bronceado por quemadura solar (SB), es una forma de daño subletal que es causado por la combinación de alta radiación y alta temperatura. Se observa principalmente después del envero y se manifiesta como la aparición de manchas amarillas, marrones o bronce en el lado expuesto de la fruta; el color de estas lesiones depende del color de la baya y es más evidentes en las uvas blancas que en las tintas[1]. Los principales síntomas del SB se observan en la piel, que pierde su color verde debido a la degradación de la clorofila, se vuelve marrón debido a la oxidación de los polifenoles[3] y se engrosa. Las uvas blancas afectadas desarrollan lesiones marrones, mientras que las uvas tintas pierden su color característico debido a la degradación de las antocianinas. Aunque se han reportado cambios en el contenido de azúcar y ácidos, el SB afecta principalmente a la piel y no a la pulpa, y otros efectos parecen estar relacionados principalmente más con las altas temperaturas que con el SB. Las formas más leves de SB provocan una acumulación de compuestos aromáticos importantes como linalool y α-terpineno, pero los niveles de daño más altos dan lugar a su degradación y a la pérdida de aromas florales y frutales positivos y típicos del vino. En general, el daño por SB provoca una degradación de la calidad de la fruta y pérdidas económicas de hasta el 50 % del valor de la cosecha. Es difícil encontrar información sobre las consecuencias de SB en la calidad del vino, pero algunos informes han indicado un aumento de la amargura y pardeamiento (oxidación) de los vinos blancos. En general, vides sometidas a estrés hídrico son menos susceptibles a este tipo de estrés debido a una mejor adaptación a la luz y a un mayor contenido de compuestos fotoprotectores[1].

Los daños graves (letales) y necrosis por quemaduras solares (SN) se observan por lo general a temperaturas de aire superiores a 40 °C, aunque la temperatura de la superficie de la fruta (FST) es un mejor indicador que la temperatura ambiente, ya que la FST puede ser entre 12 y 15 °C más alta. La SN provoca muerte celular, marchitamiento de uvas enteras y pérdidas significativas de rendimiento. Un aumento en la proporción de bayas marchitas también puede afectar negativamente el color y el aroma del vino (Figura 1A, B). Los umbrales de temperatura letales para las bayas varían con la fenología debido a los cambios en su composición: en bayas Shiraz se observa daños por necrosis a partir de una FST de 43 °C antes del envero y a partir de 55 °C después del envero[4 5 6]. Otros estudios también han investigado el umbral de temperatura letal para Riesling, Bacchus y Calardis blanc[7]. En conjunto, los resultados sugieren que la temperatura letal para las bayas de *Vitis vinifera* varía entre 37 °C (floración) y 50 °C (durante la maduración) (Figura 1C).

La susceptibilidad de la uva al SB y al SN varía según la variedad, la fase de desarrollo, el color de la piel, la ubicación del racimo y la velocidad

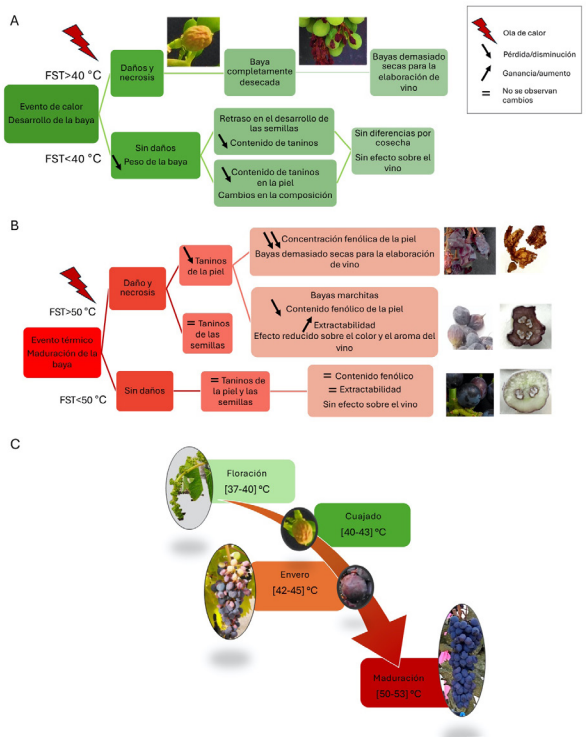


FIGURA 1. Efecto de los episodios de calor previos (A) y posteriores (B) al envero sobre el desarrollo de las bayas y la composición de la uva y el vino en función de la temperatura superficial de la fruta (FST) y (C) Rangos de temperatura superficial a partir de los cuales pueden producirse daños letales para las flores y bayas de *Vitis vinifera*.
Las fuentes utilizadas para esta Figura están disponibles previa solicitud a los autores.

del viento. Investigaciones recientes han demostrado que a velocidades de viento más altas, la incidencia y la gravedad del SN disminuyen debido a la menor FST de las bayas[7], lo que contradice los efectos de secado que a veces describen los viticultores. Independientemente del color de la piel, tanto las variedades tintas como las blancas pueden sufrir daños graves por SB y SN. Entre las variedades blancas, la moscatel de Alejandría y el Riesling son muy susceptibles al SB, mientras que Sauvignon blanc y Chardonnay son más tolerantes. Las uvas presentan distintos periodos de vulnerabilidad con respecto a los daños causados por el calor: el riesgo de SB es mayor después del envero, mientras que el SN afecta principalmente a las bayas durante las primeras etapas de desarrollo. Comprender estos periodos críticos es esencial para que los productores puedan programar eficazmente las intervenciones de protección.

Estrategias de mitigación

Para garantizar el éxito de cualquier estrategia de mitigación se debe comprender cuándo es mayor el riesgo de incurrir daños letales (Figura 1C), que la FST difiere de la temperatura del aire prevista y de la eficacia de las estrategias seleccionadas.

La mayoría de las estrategias de mitigación tienen como objetivo maximizar el enfriamiento por transpiración y minimizar la interceptación de la radiación para mantener las canopias y las uvas lo más frescas posible. Para ello, la mayoría de recomendaciones incluyen un aumento del riego, la gestión de la canopia (poda, tipo/altura del emparrado, eliminación de hojas), el sombreado, la gestión del centro de la hilera, el uso de sprays reflectantes, nebulizadores en la canopia, el diseño del viñedo (orientación de las hileras, cultivos de cobertura) y la elección de la variedad de uva[8] (Figura 2). Estas estrategias varían en cuanto a su eficacia y pueden clasificarse según su capacidad para reducir la temperatura del aire/dosel y la FST (Figura 3).

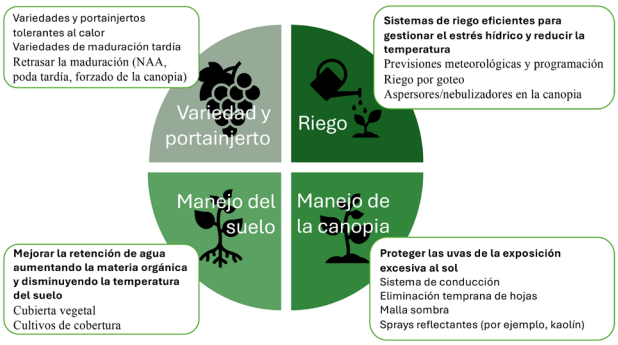


FIGURA 2. Estrategias de mitigación de las olas de calor.

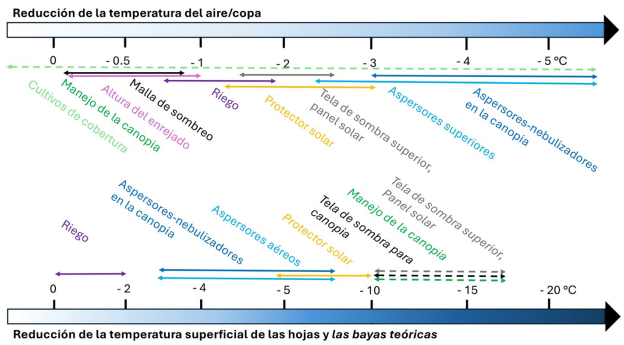


FIGURA 3. Reducción de la temperatura del dosel, las hojas y las bayas mediante diferentes estrategias de mitigación en viñedos (líneas continuas: valores medidos en los artículos referenciados; líneas discontinuas: valores teóricos).
Las fuentes utilizadas para esta figura están disponibles previa solicitud a los autores.

También varían en relación con el costo, sostenibilidad y la escala en la que pueden aplicarse. Su eficacia depende de las temperaturas máximas alcanzadas, la rapidez con la que se apliquen y la fase fenológica en la que se encuentren las plantas.

El consejo más común frente a una ola de calor es regar antes y durante del evento para mojar la mayor parte posible de las raíces, reducir la temperatura del suelo y maximizar la transpiración. Cuando regar dependerá del tipo de suelo: los suelos arcillosos pueden regarse días antes de una ola de calor, mientras que los suelos más arenosos deben regarse el día o la noche anterior. Aunque esta estrategia sólo resulta en una reducción modesta de la temperatura del ambiente y de los frutos, su principal objetivo es disminuir el nivel de estrés de la planta y garantizar la viabilidad de la canopia. El riego nocturno es más eficiente que el diurno y el uso de aspersores dentro de la copa permite un uso más eficiente del agua, y reduce significativamente los déficits de presión de vapor del aire consiguiendo una mayor reducción de la temperatura de la vegetación. Sin embargo, cualquier estrategia que utilice agua requiere que se disponga de suficiente agua para regar, que se cuente con la infraestructura necesaria para suministrar agua a tiempo y de que se tenga derecho a regar. A pesar de que la irrigación es común en Australia y otras regiones irrigadas, la mayoría de viñedos europeos dependen exclusivamente de la lluvia para el riego y sólo pueden obtener el derecho a regar en circunstancias excepcionales. El mulching es una alternativa adecuada para reducir la temperatura del suelo y el calentamiento por reflejo de la zona de los racimos y la canopia, así como la evaporación del agua. La gestión de la canopia o el uso de mallas sombra para proporcionar sombra y evitar el exceso de luz solar son excelentes formas de lograr una reducción de la temperatura de hasta aproximadamente 15 °C. Sin embargo, muchas de estas intervenciones son más factibles cuando se integran en el diseño inicial del viñedo que cuando se adaptan a plantaciones existentes. Los protectores solares como la arcilla (por ejemplo, el kaolín) pueden reducir la incidencia de SB en algunos casos, especialmente en uvas maduras. Estos productos forman una película de partículas y pueden aplicarse ante la llegada de una ola de calor para proteger las copas reflejando la luz solar y reduciendo el calentamiento por radiación. Para este fin también se están probando otros productos, como la cal, el talco y los antitranspirantes, con resultados diversos que dependen del grado de cobertura de las hojas y las uvas, la formulación del producto, las propiedades de adhesión y el momento y la frecuencia de aplicación en relación con los episodios de calor.

Para obtener mejores resultados, se recomienda combinar dos o más estrategias y considerar medidas complementarias durante la vendimia (cosecha parcial de uvas verdes, cosecha nocturna, selección de racimos para eliminar las uvas dañadas) y en la bodega (por ejemplo, adición de agua cuando esté permitido, elección de levaduras y técnicas de vinificación, desalcoholización, etc.). Lamentablemente, existen pocas estrategias de mitigación a corto plazo viables y eficaces. Si un viñedo está ubicado en una zona propensa a las olas de calor, es recomendable considerar soluciones más permanentes, que van desde la instalación de estructuras de sombreado hasta el replanteamiento de la orientación de las hileras y la reconsideración de las variedades plantadas. Comprender mejor estos parámetros ayudará a los viticultores a elegir el método de mitigación más adecuado. ■

1 Gambetta, J. M., Holzapfel, B. P., Stoll, M., & Friedel, M. (2021a). Sunburn in grapes: A review. *Frontiers in Plant Science*, 11, 604691. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.604691

2 Gouot, J. C., Smith, J. P., Holzapfel, B. P., Walker, A. R., & Barril, C. (2019a). Grape berry flavonoids: A review of their biochemical responses to high and extreme high temperatures. *Journal of Experimental Botany*, 70(2), 397-423. https://doi.org/10.1093/jxb/ery392

3 Gambetta, J. M., Romat, V., Schmidtke, L. M., & Holzapfel, B. P. (2021b). Secondary metabolites coordinately protect grapes from excessive light and sunburn damage during development. *Biomolecules*, 12(1), 42. https://doi.org/10.3390/biom12010042

4 Gouot, J., Smith, J., Holzapfel, B., & Barril, C. (2019b). Single and cumulative effects of whole-vine heat events on Shiraz berry composition. *Oeno One*, 53(2), 171-187. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2019.53.2.2392

5 Gouot, J. C., Smith, J. P., Holzapfel, B. P., Walker, A. R., & Barril, C. (2019c). Grape berry flavonoid responses to high bunch temperatures post véraison: Effect of intensity and duration of exposure. *Molecules*, 24(23), 4341. https://doi.org/10.3390/molecules24234341

6 Gouot, J. C., Smith, J. P., Holzapfel, B. P., & Barril, C. (2019d). Impact of short temperature exposure of Vitis vinifera L. cv. Shiraz grapevine bunches on berry development, primary metabolism and tannin accumulation. *Environmental and Experimental Botany*, 168, 103866. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.103866

7 Muller, K., Keller, M., Stoll, M., Friedel, M. (2023). Wind speed, sun exposure and water status alter sunburn susceptibility of grape berries. *Frontiers in Plant Science*, 14, https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1145274

8 Rogiers, S. Y., Greer, D. H., Liu, Y., Baby, T., & Xiao, Z. (2022). Impact of climate change on grape berry ripening: An assessment of adaptation strategies for the Australian vineyard. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1094633. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1094633

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.