

## APTITUD VITÍCOLA DEL SUDESTE BONAERENSE EN BASE A ÍNDICES BIOCLIMÁTICOS

Carlos A. Godoy\* y Ernesto Gancedo Desgens

Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Producción Vegetal, Suelos e Ingeniería Rural  
Cátedra de Fruticultura. Balcarce, Argentina

\*E-mail: carlosgodoy@mdp.edu.ar

Recibido: 01/04/2022  
Aceptado: 01/06/2022

### RESUMEN

En base al empleo de índices bioclimáticos tradicionales (índice de Huglin e índice de frescor nocturno) se estableció que la emergente región vitivinícola de Mar y Sierras, del sudeste de la provincia de Buenos Aires, puede subdividirse en dos áreas: serrana y costera. En el presente trabajo se desarrollaron tres índices bioclimáticos complementarios: (i) índice de maduración azucarina, (ii) índice de maduración fenólica, y (iii) índices de humedad y temperaturas favorables para el desarrollo de *Botrytis cinerea*. El área serrana se asemeja a la región francesa de Burdeos y el área costera presenta similitudes con la región del vino verde de Portugal. Además, se determinó que el área serrana satisface apropiadamente las necesidades térmicas de las variedades de vid tintas Merlot y Cabernet Franc. El índice de maduración azucarina evidenció una lenta maduración de las bayas en las variedades de maduración tardía. El índice de maduración fenólica mostró que las variedades tintas de maduración media-temprana, como Cabernet Franc, encuentran mejores condiciones para la adquisición de color que las de maduración muy precoz, como Pinot Noir e, incluso, que aquellas de maduración precoz, como Merlot. Dadas las condiciones térmicas propicias para el desarrollo de podredumbre del racimo, las variedades de maduración muy precoz, como Pinot Noir y Chardonnay, están más expuestas a la enfermedad.

**Palabras clave:** viñedo, zonificación, modelos bioclimáticos, podredumbre del racimo, variedades.

## WINEGROWING APTITUDE OF THE SOUTHEAST OF BUENOS AIRES PROVINCE BASED ON BIOCLIMATIC INDICES

### SUMMARY

Based on the use of traditional bioclimatic indices (Huglin index and cool night index), the emerging wine region of Mar y Sierras, from the southeast of Buenos Aires province, can be subdivided into two areas: highland and coastal. In the present work, three complementary bioclimatic indices were developed: (i) sugar ripening index, (ii) phenolic ripening index, and (iii) humidity and temperature suitable for the development of *Botrytis cinerea*. The highland area resembles the French region of Bordeaux and the coastal area presents similarities with the "vinho verde" region of Portugal. In addition, the highland area adequately satisfies the thermal needs of the Merlot and Cabernet Franc red grape varieties. The sugar ripening index showed a slow ripening of the berries in late-ripening time varieties. The phenolic ripening index showed that medium-early ripening time red varieties, such as Cabernet Franc, find better conditions for color acquisition than those of very early ripening time, such as Pinot Noir, and even those of early ripening time, such as Merlot. Given the thermal conditions conducive to the development of bunch rot, very early ripening time varieties, such as Pinot Noir and Chardonnay, are more exposed to the disease.

**Key words:** vineyard, zoning, bioclimatic models, bunch rot, varieties.

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de la región Mar y Sierras (sudeste de la provincia de Buenos Aires), lindante con el océano Atlántico y atravesada por el sistema serrano de Tandilia, se están desarrollando emprendimientos vitivinícolas cuya incipiente producción presenta una impronta de carácter marítimo. Tratándose de una región emergente, se están evaluando variedades de vid europea de distinto ciclo y origen, algunas novedosas, destinadas a la elaboración de vinos y espumantes con un estilo diferente, que buscan complementar la oferta tradicional. Resulta de interés definir si se trata de una región homogénea desde el punto de vista vitivinícola o, por el contrario, presenta áreas con diferente aptitud para alcanzar la maduración tecnológica de las uvas.

Los índices bioclimáticos son ampliamente utilizados para predecir la potencialidad de distintas regiones vitivinícolas e incluso proceder a su zonificación (Tonietto y Carbonneau, 2004). Los índices bioclimáticos tradicionales se basan principalmente en el régimen de temperatura del aire (Tonietto y Carbonneau, 2004), que afecta el desarrollo de las bayas indirectamente por su efecto sobre la fotosíntesis foliar.

La temperatura es considerada la variable climática que más influye sobre el crecimiento de la vid y la maduración de las bayas (Jarvis *et al.*, 2017). La temperatura media de la temporada de crecimiento constituye un índice bioclimático que define el potencial para la maduración de variedades destinadas a la elaboración de vinos Premium (Jones *et al.*, 2005). De acuerdo con este índice, Cabernet Sauvignon se cultiva con óptimos resultados en regiones de clima moderado a cálido, dentro de un rango aproximado de 16,5 a 19,5 °C (correspondientes a Burdeos, en Francia, y Napa Valley, en Estados Unidos). Pinot Noir, en cambio, se cultiva en regiones de clima frío a moderadamente frío, en un rango estrecho que va de 14 a 16 °C (correspondientes al Norte de Oregon, en Estados Unidos, y Borgoña, en Francia) (Jones *et al.*, 2005).

El índice heliotérmico de Huglin, además del componente térmico característico de los índices bioclimáticos tradicionales, tiene un coeficiente que expresa la longitud media del día, relacionado con la latitud. La combinación del índice de Huglin con el índice de frescor nocturno durante el período de maduración permite una clara definición de la región climática (Tonietto y Carbonneau, 2004).

La maduración de las uvas puede ser desacoplada en dos procesos: (i) la translocación y acumulación de

azúcares (maduración azucarina) y (ii) el desarrollo de color en uvas tintas (maduración fenólica). Las temperaturas óptimas para la fotosíntesis foliar, y por lo tanto para la maduración azucarina, se encuentran entre los 25 y 30 °C (Zufferey *et al.*, 2000; Greer y Weedon, 2012). Con respecto a la maduración fenólica, la síntesis de antocianinas se ve favorecida cuando las temperaturas máximas se encuentran dentro del rango de 20-25 °C (Arrizabalaga *et al.*, 2018; Yan *et al.*, 2020). Sin embargo, se considera que la amplitud térmica, determinada por temperaturas nocturnas entre 5 y 15 °C, es la variable que efectivamente ejerce una acción positiva sobre la síntesis de antocianinas (Arrizabalaga *et al.*, 2018; Gaiotti *et al.*, 2018).

Otro aspecto a considerar en las regiones de clima templado-húmedo es la presencia de condiciones predisponentes al desarrollo de podredumbre del racimo, que constituye una de las problemáticas principales que condicionan la calidad de la vendimia. Los patógenos causantes de esta enfermedad son diversos, aunque los más importantes son distintos tipos de hongo, en particular *Botrytis cinerea*. Esta especie polífaga provoca la podredumbre gris, de serias consecuencias en la producción vitivinícola. La incidencia de infección en bayas maduras es mayor a temperaturas entre 15 y 25 °C e incrementa con las horas de mojado (González-Domínguez *et al.*, 2015).

A fin de proceder a la zonificación de la región Mar y Sierras desde el punto de vista vitivinícola y definir la aptitud de variedades según su época de maduración, se emplearon índices bioclimáticos tradicionales y se generaron otros complementarios. Estos últimos contemplaron procesos fisiológicos, tales como la acumulación de azúcares y la síntesis de antocianinas, así como al desarrollo de podredumbres durante el período de maduración de las bayas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el cálculo de los índices bioclimáticos tradicionales se recurrió a información climática de libre disponibilidad ([es.climate-data.org](http://es.climate-data.org)). La región Mar y Sierras se mapeó mediante el empleo del software ArcGIS Desktop 10.7 versión 10.7.0.10450 (Esri Inc.). A su vez, con el fin de establecer un marco de referencia, se calcularon los índices bioclimáticos tradicionales para distintas regiones vitivinícolas del mundo con influencia marítima. El índice heliotérmico de Huglin (IH) se estimó según la Ecuación 1. El índice de frescor nocturno (FN) se calculó considerando la temperatura mínima media de marzo en

el hemisferio sur y de septiembre en el hemisferio norte.

$$IH: \Sigma [(Tm-10) + (TM-10)] / 2 * n * d$$

[Ecuación 1]

donde,  $\Sigma$  es la sumatoria térmica correspondiente al período comprendido entre el 1 octubre y el 31 de marzo en el hemisferio sur y al período comprendido entre el 1 abril y el 30 de septiembre en el hemisferio norte;  $Tm$  es la temperatura media mensual del aire;  $TM$  es la temperatura máxima mensual del aire;  $n$  refiere al número de días de cada mes y  $d$  al coeficiente de longitud del día, que varía entre 1 y 1,06 (latitudes  $\leq 40^\circ$  y  $48-50^\circ$ , respectivamente).

Los índices bioclimáticos complementarios se estimaron a partir de la base de datos del Servicio Meteorológico Nacional correspondientes a Mar del Plata, Tandil y Balcarce, de donde se obtuvieron los valores diarios de temperatura media, mínima y máxima, humedad relativa y precipitaciones del período de 21 años comprendido entre 2000 y 2020. Esta información permitió calcular el índice de maduración azucarina (porcentaje de días con temperaturas máximas en el rango de 25-30 °C), el índice de maduración fenólica (porcentaje de días con temperaturas máximas en el rango de 20-25 °C y temperaturas mínimas en el rango de 5-15 °C), el índice de humedad favorable para *B. cinerea* (porcentaje de días con precipitaciones mayores a 1 mm y humedad relativa ambiente mayor a 80%) y el índice de temperaturas favorables para *B. cinerea* (porcentaje de días con temperaturas medias en el rango de 15-25 °C).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La región Mar y Sierras presenta un índice heliotérmico de Huglin (IH) de 1.800-2.050 (templado) y un

índice de frescor nocturno (FN) de 16-13 °C (noches templadas a frías), de SE a NO, respectivamente, en el contexto de un clima templado oceánico (Figura 1). La distribución de isólinas está determinada, por un lado, por el efecto del mar y de la corriente fría de las Malvinas y, por otro lado, por el gradiente altimétrico del sistema de Tandilia. En consecuencia, los menores valores de IH se registraron en la costa, sobre todo al sur de Mar del Plata, y los mayores valores en proximidades de Tandil, de carácter más continental. Lo inverso ocurre con FN, resultando ser Tandil la localidad que presentó el menor valor.

Al comparar la región Mar y Sierras con regiones vitivinícolas del mundo con influencia marítima en términos de índices bioclimáticos basados en temperaturas medias (Cuadro 1), se encontró que el área costera es similar a la región del vino verde de Portugal. A su vez, este análisis mostró que el área serrana, particularmente Tandil, se asemeja a la región francesa de Burdeos.

De acuerdo con González *et al.* (2009), Luján de Cuyo (Mendoza), zona emblemática de producción de Malbec con denominación de origen, presenta un IH= 2.370 (templado cálido) y un FN= 12,5 °C (noches frías). Tupungato (valle de Uco), considerada una zona de producción de vinos de alta calidad enológica, está situada a mayor altitud, habiéndose registrado un IH= 2.180 (templado cálido) y un FN= 10 °C (noches muy frías). En los valles de Mendoza, al pie de la cordillera, prevalece un clima mediterráneo, con una amplitud térmica notable (Boninsegna, 2014).

Según los resultados del presente trabajo, la región Mar y Sierras no alcanza a satisfacer el requerimiento térmico de la variedad Malbec que se logra en las zonas mendocinas que producen vinos Premium, ni tampoco las noches son tan frías durante la maduración de las uvas (Figura 1). Por lo tanto, la menor amplitud térmica

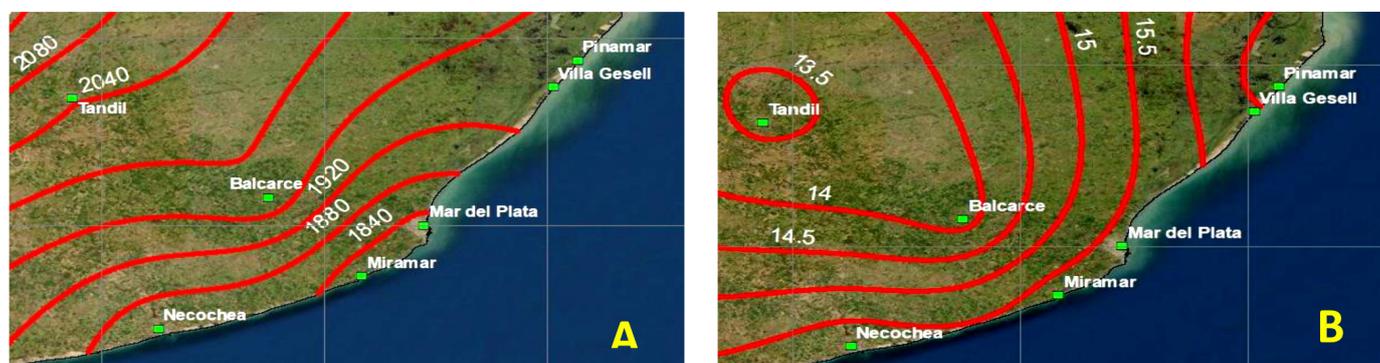


Figura 1. Isólinas correspondientes a índices bioclimáticos tradicionales, generadas para el sudeste de la provincia de Buenos Aires: (A) índice heliotérmico de Huglin (IH) y (B) índice de frescor nocturno (FN; °C).

**Cuadro 1.** Índices bioclimáticos tradicionales y variedades de vid destacadas en distintas regiones vitivinícolas del mundo con influencia marítima.

	Región vitícola			
	Burdeos, Francia	del "vinho verde" Portugal	Isla Norte de Nueva Zelanda	Sur de Uruguay
Localidad	Libourne	Monção	Auckland	Canelones
Latitud	44° 55' Lat N	42° 04' Lat N	36° 50' Lat S	34° 31' Lat S
Índice H	2.070 (templado)	1.830 (templado)	1.650 (frío)	2.400 (templado cálido)
Índice frescor nocturno	13,9 (noches frías)	13,8 (noches frías)	16,4 (noches templadas)	16,9 (noches templadas)
Variedad destacada	Merlot	Alvariño	Chardonnay	Tannat

podría afectar la intensidad de color, por su influencia sobre la síntesis de antocianinas (Gaiotti *et al.*, 2018).

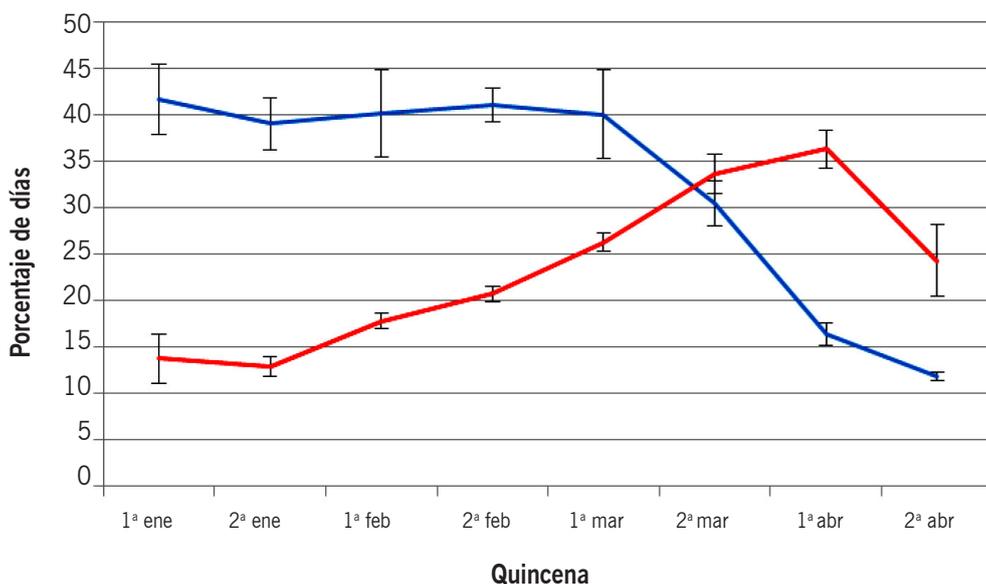
Las regiones tradicionales de producción de Cabernet Franc son la Borgoña, el valle del Loira y Burdeos (Francia), con un IH de 1.700-2.100 y un FN de 12-14 °C. En Mar y Sierras, el área serrana satisface ambos requerimientos térmicos. Las regiones donde la variedad Merlot alcanza su mayor expresión son Burdeos (Francia), Washington State (Estados Unidos) y Friuli-Venezia-Giulia (Italia), con un IH de 2.000-2.400 y un FN de 12,5-14 °C. Tales requerimientos son cubiertos por la región Mar y Sierras en la zona de Tandil.

Las regiones donde el Pinot Noir logra una elevada calidad son la Borgoña (Francia) y en el norte del estado de Oregon (Estados Unidos), con un acotado IH de 1.750-1.800 y un FN de 11,5-13 °C. En la región Mar y Sierras, los requerimientos térmicos para la maduración

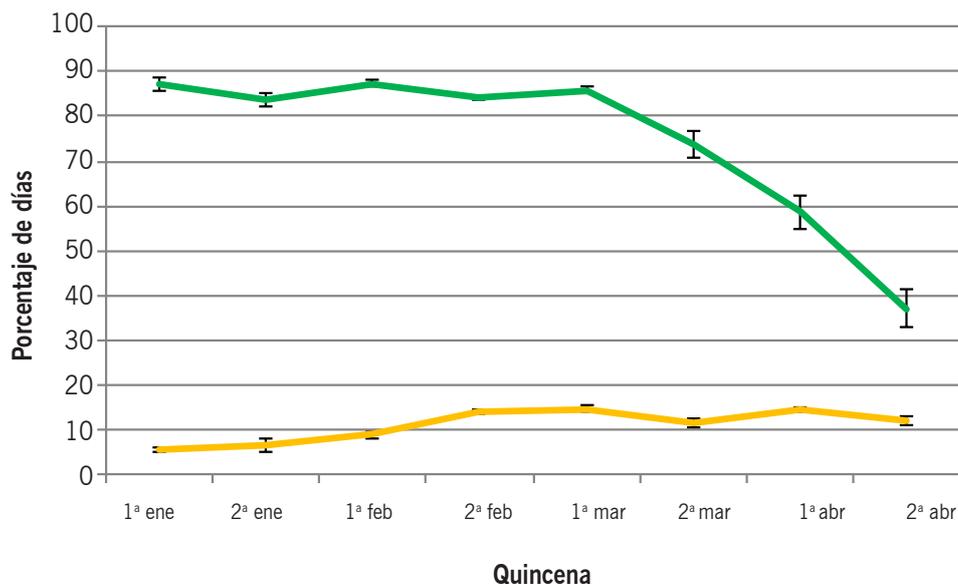
según el IH se cumplen en el área costera, pero las temperaturas nocturnas no serían lo suficientemente bajas como para lograr intensidad de color. El efecto moderador del mar conduce a una menor amplitud térmica.

De acuerdo con los índices bioclimáticos complementarios, desarrollados en el marco del presente trabajo, en la región Mar y Sierras las temperaturas favorables a la maduración azucarina se presentan con mayor frecuencia durante el verano, disminuyendo progresivamente a partir de la segunda quincena de marzo (Figura 2). Esto genera una maduración lenta en variedades de maduración tardía.

Por otro lado, las temperaturas óptimas para la coloración de las uvas tintas aumentan su frecuencia progresivamente hacia fines de verano, alcanzando su máximo a principios de otoño, es decir, durante la segunda quincena de marzo y primera quincena de abril (Figura 2). Por lo que se desprende que las variedades



**Figura 2.** Porcentaje de días con condiciones favorables para la maduración azucarina (línea azul) y para la maduración fenólica (línea roja) en períodos quincenales correspondientes a la región Mar y Sierras.



**Figura 3.** Porcentaje de días con condiciones favorables de humedad (línea naranja) y temperatura (línea verde) para la infección de bayas maduras con *B. cinerea* en períodos quincenales correspondientes a la región Mar y Sierras.

tintas que mejor se adaptan a la región, desde este punto de vista, son aquellas de maduración media-temprana como Cabernet Franc, cuyo llenado de baya transcurre durante el verano y su maduración fenólica se produce a principios de otoño. La variedad Merlot, en cambio, madura precozmente.

Las esporas de *B. cinerea* requieren de agua libre sobre la baya para germinar, por lo que el riesgo de infección se encuentra asociado a las precipitaciones que se producen sobre todo durante el período de maduración y a la elevada humedad relativa ambiente. Los resultados de este trabajo indican que en la región Mar y Sierras las condiciones de humedad se presentan más favorables a la infección a partir de la segunda quincena de febrero (Figura 3).

En el área costera Pinot Noir y Chardonnay maduran precozmente (principios de marzo), por lo que dadas las condiciones térmicas favorables al desarrollo de *B. cinerea* (Figura 3) van a estar expuestas a la enfermedad. La anticipación de la vendimia para base de espumante, una vez alcanzados los parámetros de acidez titulable y grados Brix (contenido de sólidos solubles), reduce la probabilidad de infección, al resultar menos frecuentes las condiciones de elevada humedad ambiente, favorables para la podredumbre gris (Figura 3). Teniendo en cuenta las temperaturas en descenso (Figura 3), las condiciones

para el desarrollo de *B. cinerea* son menos propicias a fin de temporada, por lo que se benefician las variedades tintas de maduración media y tardía.

## CONCLUSIONES

Los índices bioclimáticos complementarios aportaron a la definición del grupo de variedades, clasificadas según su período de maduración, que mejor se adaptan a las condiciones de la región Mar y Sierras.

En base a índices bioclimáticos tradicionales, se pueden diferenciar dos áreas en la región Mar y Sierras: serrana y costera.

El área serrana presenta condiciones climáticas favorables para el cultivo de variedades tintas de maduración media-temprana, dada la satisfacción de sus requerimientos de tiempo térmico y la mayor probabilidad de días con temperaturas aptas para la maduración azucarina y fenólica, así como poco propicias para el desarrollo de podredumbres.

En el área costera se cumplen los requerimientos de tiempo térmico para variedades de maduración muy precoz. Sin embargo, no se alcanza a satisfacer el requerimiento de amplitud térmica necesario para desarrollar intensidad de color en uvas tintas. En la medida que se adelante la cosecha de las variedades de maduración muy precoz, disminuirá la exposición de las uvas a *B. cinerea*.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arrizabalaga, M., Morales, F., Oyarzun, M., Delrot, S., Gomès, E., Irigoyen, J. J., Hilbert, G. y Pascual, I. (2018). Tempranillo clones differ in the response of berry sugar and anthocyanin accumulation to elevated temperature. *Plant Science*, 267, 74-83.
- Boninsegna, J. A. (2014). Impacto del cambio climático en los oasis del oeste argentino. *Ciencia e Investigación*, 64, 45-58.

- Gaiotti, F., Pastore, C., Filippetti, I., Lovat, L., Belfore, N. y Tomasi, D. (2018). Low night temperature at veraison enhances the accumulation of anthocyanins in Corvina grapes (*Vitis vinifera* L.). *Scientific Reports*, 8, 8719. Doi: 10.1038/s41598-018-26921-4.
- González, G., Senatra, L., Mercado, L., Nazralla, J., Albornoz, L., Poetta, S., Beltrán, M., Hidalgo, A., Alberto, M., Navarro, A., López, M., de Borbón, L. y Gez, M. I. (2009). Caracterización de uvas para vinificar en diferentes regiones de Mendoza (Argentina). *Rev. FCA UNCuyo*, 41, 165-175.
- González-Domínguez, E., Caffi, T., Ciliberti, N. y Rossi, V. (2015). A mechanistic model of *Botrytis cinerea* on grapevines that includes weather, vine growth stage, and the main infection pathways. *PLoS One*, 10(10), e0140444.
- Greer, D. H. y Weedon, M. M. (2012). Modelling photosynthetic responses to temperature of grapevine (*Vitis vinifera* cv. Semillon) leaves on vines grown in a hot climate. *Plant, Cell and Environment*, 35, 1050-1064.
- Jarvis, C., Barlow, E., Darbyshire, R., Eckard, R. Y Goodwin, I. (2017). Relationship between viticultural climatic indices and grape maturity in Australia. *Int J. Biometeorol*, 61, 1849-1862.
- Jones, G. V., White, M. A., Cooper, O. R. Y Storchmann, K. (2005). Climate change and global wine quality. *Climatic Change*, 73, 319-343.
- Tonietto, J. y Carbonneau, A. (2004). A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agric. Fort. Meteo*, 124, 81-97.
- Yan, Y., Song, C. Falginella, L. y Castellarin, S.D. (2020). Day temperature has a stronger effect than night temperature on anthocyanin and flavonol accumulation in 'Merlot' (*Vitis vinifera* L.) grapes during ripening. *Front. Plant Sci.*, 1095. Doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01095>
- Zufferey, V., Murisier, F. y Schultz, H. R. (2000). A model analysis of the photosynthetic response of *Vitis vinifera* L. cvs Riesling and Chasselas leaves in the field: I. Interaction of age, light and temperature. *Vitis*, 39, 19-26.