

Relación positiva entre antocianos y vigor en añadas cálidas

I. Bonilla*, F. Martínez de Toda y J.A. Martínez-Casasnovas.

Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (Universidad de La Rioja, CSIC, Gobierno de La Rioja), 26006, Logroño (La Rioja). *E-mail: irebgr@hotmail.com

Resumen

Últimamente ha cobrado gran interés el estudio de los compuestos de la uva que pueden desajustar su composición y la de los vinos con ella elaborados; los que determinan el grado alcohólico y el color, fundamentalmente. Ese desajuste se ve incrementado por las condiciones que impone el cambio climático. El presente trabajo contempla un estudio de 4 años de duración, realizado en un viñedo de secano de ‘Tempranillo’ localizado en la D.O.Ca. Rioja. Su objetivo principal fue evaluar las relaciones entre vigor de la planta, respuesta vegetativo-productiva y composición de la uva. Para ello, se tomaron imágenes aéreas multiespectrales en enero y se zonificó el viñedo en dos niveles diferentes de vigor basándose en el índice NDVI. Inesperadamente, la relación entre antocianos y vigor fue positiva en tres de los cuatro años de estudio, lo cual se discute particularmente en el artículo.

Palabras clave: antocianos, cambio climático, microclima del racimo, NDVI, vigor.

INTRODUCCIÓN

La variabilidad espacial del viñedo es un fenómeno conocido por los viticultores y que últimamente está siendo objeto de atención. Aunque la mayoría de estudios se enfocó, en un principio, hacia la expresión vegetativa de la planta y la variabilidad del vigor, hoy día se han introducido aspectos relativos al rendimiento productivo y la composición del fruto (Tisseyre et al., 2008; Arnó et al., 2012).

Una de las maneras más sencillas, rápidas y factibles de obtener información de la variabilidad espacial de un viñedo es la teledetección; los datos que procura pueden ser transformados en un único índice, siendo el más usado el NDVI (Rouse et al., 1973). Éste es capaz de proporcionar información precisa sobre el tamaño de la cubierta vegetal fotosintéticamente activa (Hall et al., 2003). Otros investigadores han intentado evaluar el NDVI como predictor de variables que determinan la composición de la uva (Lamb et al., 2004; Martínez-Casasnovas, 2012; Fiorillo et al., 2012). Sin embargo, esta tarea no siempre ha sido satisfactoria, ya que los factores que intervienen en la composición de la uva son numerosos y complejos. Referente a los antocianos, aparte de una buena relación superficie foliar-producción de fruto, su síntesis y acumulación depende en gran medida de la temperatura y de la luz. Es por ello que la mayoría de estudios relacionando vigor y antocianos han revelado que las uvas de las plantas vigorosas los producen en menores cantidades que las de menor vigor (Lamb et al., 2004; Cortell et al., 2007; Martínez-Casasnovas et al., 2012; Filipetti et al., 2013). Esta afirmación se sostiene porque la mayoría de estudios están realizados en climas relativamente frescos, con variedades típicas de dichos climas, donde la exposición del racimo y su temperatura pueden limitar la síntesis de antocianos.

En un contexto de cambio climático, con predicciones que auguran un incremento térmico de aproximadamente 2,5°C en las próximas décadas (IPCC, 2013), son

explicables, en especial en los climas más templados, o cálidos, los desajustes entre las concentraciones de azúcares y antocianos en la uva por alteración de sus rutas de acumulación y degradación (Schultz y Jones, 2010). Varias investigaciones han revelado que la síntesis de esos compuestos depende positivamente de la temperatura, pero que se restringe a partir de los 26°C (Iland y Gago, 2002, Sadras et al., 2007). Temperaturas superiores a 30°C perjudican la acumulación de esos compuestos, tanto por la aparición de disrupciones en las rutas metabólicas de su síntesis como por su propia degradación (Mori et al., 2007). Desde este punto de vista, en condiciones de excesiva temperatura y exposición solar, las cepas vigorosas, más frondosas, pueden proteger mejor los racimos, manteniéndolos a la sombra y más frescos y, por lo tanto, estimulan la acumulación de más antocianos en sus uvas que las poco vigorosas. Hay poca literatura que relacione positivamente vigor y contenido en esos compuestos y este estudio trata de contribuir al mejor conocimiento de esta cuestión, centrándose en la influencia de dos niveles de vigor en la composición cualitativa de la uva, particularmente en la abundancia de antocianos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en un viñedo comercial de 14 ha y conducido en espaldera del cv. Tempranillo (*Vitis vinifera* L.), situado en Laguardia (Alava, D.O.Ca. Rioja) (ETRS89 UTM 30N, coordenadas 531930, 4712532). Con un marco de 2,80 x 1,20 m, la viña se injertó en 1985 sobre patrón 41B, y se manejó en secano, siguiendo las prácticas culturales comunes de la zona (poda y espergura a 12 yemas incluido).

Caracterización climática

Los datos climáticos se recogieron de una estación cercana a la viña durante los cuatro años de estudio. Los datos de temperaturas máximas y mínimas se resumen en la gráfica de la Figura 1.

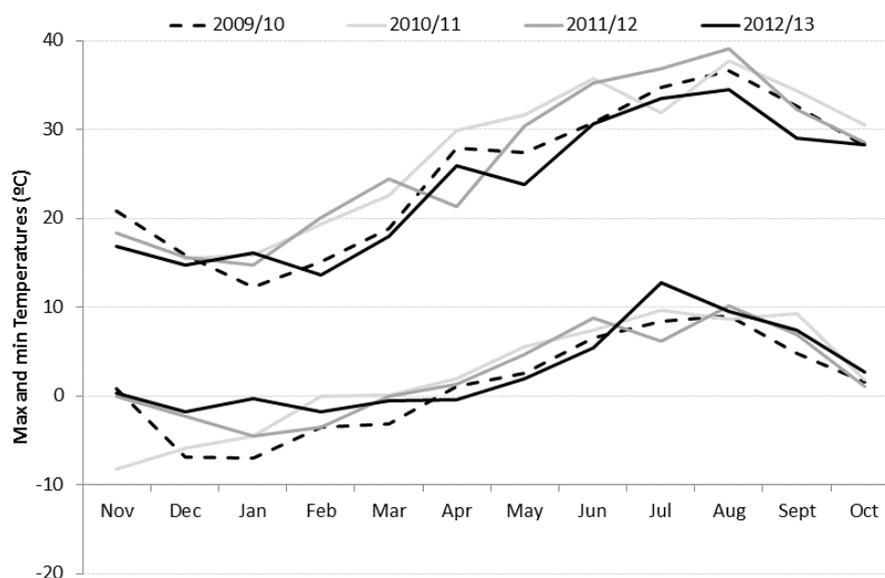


Figura 1. Temperaturas máximas y mínimas en los cuatro años de estudio.

Mapas de NDVI

Durante el envero (Lamb et al., 2004), se tomaron imágenes aéreas multiespectrales de 0.5 m de resolución suministradas por un proveedor comercial (SpecTerra Services Pty Ltd, Leederville, AUS). El NDVI se utilizó como indicador del vigor de la planta. Los valores brutos de NDVI se interpolaron con objeto de crear un mapa continuo para el consiguiente análisis de conglomerados o *clustering*. El área se dividió en 2 zonas (alto/bajo vigor) usando el algoritmo de ArcGIS ISODATA. Se realizó un análisis de varianza con separación de medias y comparación por LSD-Fisher para todos los parámetros de estudio con el objeto de verificar las diferencias entre las dos zonas. Para ello se utilizó el software Infostat ver. 2012 (InfoStat, Córdoba, ARG).

Vegetación, componentes del rendimiento y composición de las uvas

En la parcela de estudio se seleccionaron, y georreferenciaron con GPS (Thales Navigation Inc., San Dimas, CA, USA), 42 cepas para su muestreo. Éste se llevó a cabo en dos momentos: en el envero y previo a la vendimia. En envero se midió la longitud del pámpano y la superficie foliar para 2 pámpanos por cepa marcada. En pre-vendimia se midieron los parámetros productivos y de la uva. El rendimiento se midió como kg. cepa^{-1} y el peso de la baya por pesada directa de 50 bayas seleccionadas al azar de cada muestra. De las muestras de uva, se analizaron: grado potencial, pH y acidez total del mosto, empleándose para ello los métodos oficiales de la OIV. Parte de las uvas muestreadas se congelaron a -20°C para un posterior análisis de color (mg.L^{-1} de antocianos extraíbles) y fenoles totales. Este análisis se realizó en un laboratorio externo siguiendo el método de la madurez fenólica. El contenido de antocianos por superficie de hollejo se determinó considerando una densidad media de 1,1 para 25°Brix.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La campaña 2012 fue muy calurosa, especialmente a partir de junio (Figura 1). Las de 2011 y 2013 fueron más frescas, mientras que las temperaturas máximas en 2010 fueron bajas al principio del ciclo y aumentaron notablemente durante la maduración.

La Tabla 1 muestra el resultado de las pruebas *t* de comparación entre las medias de cada parámetro para cada zona resultante del *clustering* los diferentes años. La longitud total del pámpano presentó diferencias significativas entre las dos zonas cada uno de los años. El ratio superficie foliar total/producción fue mayor cada año en las zonas de alto vigor, más por el mayor desarrollo vegetativo que por las variaciones en la producción. En cualquier caso, todos los ratios superaron $1 \text{ m}^2.\text{kg}^{-1}$, considerado umbral mínimo para una correcta maduración de la uva (Kliewer y Dokoozlian, 2005).

Respecto al rendimiento, las viñas más vigorosas presentaron mayor producción de uva, aunque las diferencias no mostraron significación estadística. Lo mismo sucedió con los otros componentes del rendimiento: peso del racimo y peso de la baya, variables que sí mostraron diferencias significativas 3 de los 4 años de estudio. Se puede por lo tanto asignar un mayor rendimiento a las cepas vigorosas que, con un tamaño medio de sus bayas comparativamente mayor, presentaron racimos más grandes

Referente a los parámetros de la uva, su contenido en azúcares fue menor en las de las cepas más vigorosas, aunque sólo se observaron diferencias significativas en 2011 y 2012. Estos resultados concuerdan con los de otros estudios que también refieren menores acumulaciones de azúcares en racimos sombreados de cepas vigorosas (Kliewer et al.,

1967). No se encontraron diferencias entre las dos zonas de vigor para la acidez total, si bien el pH fue menor en las zonas de bajo vigor en los años 2010 y 2012.

Ninguno de los años de estudio aparecieron diferencias significativas entre las 2 categorías de vigor en el índice de polifenoles totales, si bien las zonas de menor vigor presentaron valores generalmente mayores. Ya quedó suficientemente demostrado (Bergqvist et al., 2001) que una mayor exposición de los racimos, como sería el caso de las cepas de bajo vigor, conduce a una mayor cantidad de compuestos fenólicos, incluso si los antocianos alcanzan un umbral máximo de síntesis.

Tabla 1. Prueba *t* para comparación de medias. A= Alto vigor, B= Bajo vigor, LTP = Longitud total del pámpano, SFT/P = Superficie foliar total/producción, P= producción, Pm= peso medio, °Alc = Alcohol probable, AT= Acidez total, AE= Antocianos extraíbles, IPT= Polifenoles totales. *, **, *** y ns indican diferencias significativas $P < 0,05$, $P < 0,01$, $P < 0,001$ y no significativas respectivamente.

		LTP cm	SFT/P m ² /kg	P kg. cepa ⁻¹	Pm (g) racimo	Pm (g) baya	°Alc (%)	AT g.L ⁻¹	pH	AE mg.L ⁻¹	IPT (UA)
2010	B	243,1	1,56	3,61	214,52	2,21	13,84	8,04	3,04	318,92	38,95
	A	457,9	2,85	4,44	258,01	2,42	13,41	7,96	3,11	453,63	40,45
		***	**	ns	ns	ns	ns	ns	*	**	ns
2011	B	157,7	1,63	2,55	183,63	1,99	15,42	6,45	3,23	361,18	41,36
	A	411,4	3,14	3,67	291,89	2,55	14,02	6,14	3,3	475,84	40,04
		***	*	ns	***	***	***	ns	ns	***	ns
2012	B	176,5	1,08	3,26	237,06	1,86	14,81	5,42	3,05	635,78	60,31
	A	389,7	2,57	4,09	302,96	2,32	13,89	5,24	3,18	695,29	55,72
		***	*	ns	*	**	*	ns	**	ns	ns
2013	B	279,6	2,63	3,22	232,21	2,07	13,85	8,91	2,94	710,08	45,94
	A	562,2	4,69	3,93	314,38	2,36	13,2	8,91	2,94	664,42	41,41
		***	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns

Respecto a los antocianos, las uvas procedentes de las viñas más vigorosas presentaron mayores concentraciones cada año de estudio, excepto en 2013, que ocurría lo contrario. La mayoría de estudios realizados hasta la fecha relacionando vigor y antocianos han llegado a la conclusión de que, las uvas de las viñas con menos vigor, los presentan en concentraciones más altas. Sin embargo, Fiorillo et al. (2012) encontraron para un viñedo de 'Sangiovese' en La Toscana que, ciertos años, los mayores valores de antocianos se registraban en zonas con viñas de vigor medio. Según el estudio, estas viñas habrían soportado un estrés hídrico moderado y sus racimos estar medianamente expuestos, mientras que las plantas con menos vigor habrían sufrido un estrés hídrico severo, que provocó un bloqueo de la fotosíntesis y un retardo de la maduración. Siendo los ratios superficie foliar/producción de fruto suficientes como para que la uva madure, estas diferencias en los niveles de antocianos pueden deberse a diferencias en la exposición solar y la temperatura de los racimos. Algunos estudios han demostrado que altas exposiciones solares acarrear altas temperaturas en el fruto y reducciones de la acumulación de antocianos (Kliewer et al., 1967; Haselgrove et al., 2000; Spayd et al., 2002). La actividad enzimática de la síntesis de estos compuestos tiene lugar entre 17 y 26°C (Iland y Gago, 2002; Sadras et al., 2007). Temperaturas mayores de 30°C durante la

maduración pueden inhibir la síntesis antociánica (Mori et al., 2007). Bergqvist et al. (2001) y Spayd et al. (2002) observaron que la temperatura en los frutos expuestos era 10°C mayor que en los sombreados y significativamente mayor que la temperatura del aire. De esta manera, las cepas más vigorosas sombreaban los racimos y protegían la uva de las altas temperaturas durante la maduración, favoreciendo valores finales de antocianos, y de color, más altos (de la Fuente et al., 2007).

Efectuada una revisión de las temperaturas máximas durante la maduración de la uva de los años de estudio, se observó que los periodos con temperaturas máximas superiores a 35° C fueron considerablemente mayores en 2012 (189h 40'), que en 2011 (78h 20') y 2010 (76h 40'). En 2013 no se superó en ningún momento ese umbral de 35°C, de manera que ni luz, ni temperatura, limitaron la síntesis antociánica y fueron las uvas de las viñas menos vigorosas las que presentaron mayores valores. Otro aspecto a considerar es el nivel de desarrollo vegetativo cada año concreto. 2011 y 2012 fueron particularmente secos, y el desarrollo vegetativo mucho menor que en 2010 y, por supuesto, que en 2013 (Tabla 1, Longitud Total del Pámpano). Así, los racimos de las cepas de bajo vigor de 2011 y 2012 estuvieron más expuestos al sol, y a las altas temperaturas, que los de las de 2010 o 2013; por ello experimentaron con más intensidad el efecto de degradación y reducción de antocianos.

De acuerdo con estas consideraciones, el escenario a que conduce el cambio climático es a la producción de uvas con contenidos elevados en azúcares pero carentes de una madurez fenólica acorde. La actividad enzimática de las rutas de síntesis de los azúcares se produce en un intervalo de temperatura amplio, de 18 a 33°C, mientras que en las rutas de síntesis de pigmentos coloreados ese intervalo es más restringido, de 17 a 26°C (Iland y Gago 2002; Sadras et al., 2007). El calentamiento global parece beneficiar a viñedos de regiones más septentrionales, mientras que en las templado-cálidas asistimos a un desajuste entre la madurez tecnológica de las uvas y aquella otra que valora también componentes tan importantes para la calidad como los compuestos fenólicos y aromáticos (Schultz y Jones 2010).

CONCLUSIÓN

Un conjunto de añadas distintas, climáticamente diferentes, da pie a establecer relaciones entre el vigor y las respuestas vegetativo-productiva y de composición de la uva. Las cepas vigorosas presentaron más desarrollo vegetativo, mayor peso de baya y racimo y, por tanto, mayor producción. En los parámetros de la uva se observaron desajustes entre la concentración de azúcares y de antocianos los años cálidos: niveles altos de azúcares y bajos de antocianos se encontraron en cepas de poco vigor. Excepto en 2013, el resto de años hubo una relación positiva entre vigor y antocianos. El ambiente microclimático en la zona de los racimos parece muy relacionado con esa conducta. Los resultados sugieren que, en zonas cálidas, la acumulación de antocianos puede verse favorecida en las cepas más vigorosas como consecuencia de la reducción de la exposición de los racimos a la luz y su protección frente a las altas temperaturas.

Referencias

Arnó, J., Rosell, J.R., Blanco, R., Ramos, M.C., Martínez-Casasnovas, J.A. (2012). Spatial variability in grape yield and quality influenced by soil and crop nutrition characteristics. *Precis Agric.*, 13, 393-410.

- Bergqvist, J., Dokoozlian, N., Ebisuda, N. (2001). Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the central San Joaquin Valley of California. *Am. J. Enol. Vitic.*, 52,1-7.
- Cortell, J.M., Halbleib, M., Gallagher, A.V., Righetti, T.L., Kennedy, J.A. (2007). Influence of vine vigor on grape (*Vitis vinifera* L. cv. Pinot Noir) anthocyanins. 1. Anthocyanin concentration and composition in fruit. *J. Agric. Food Chem.*, 55, 6575-6584.
- de la Fuente, M., Linares, R., Baeza, P., Lissarrague, J.R. (2007). Efecto del sistema de conducción en climas semiáridos sobre la maduración, composición de la baya y la exposición de los racimos en *Vitis vinifera* L. cv. Syrah. *Acta CONCLIVIT*, 2007, 1, 132-38.
- Filippetti, I., Allegro, G., Valentini, G., Pastore, C., Colucci, E., Intriери, C. (2013). Influence of vigour on vine performance and berry composition of cv. Sangiovese (*Vitis vinifera* L). *J. Int. Sci. Vigne Vin.*, 47, 21-33.
- Fiorillo, E., Crisci, A., De Filippis, T., Di Gennaro, S.F., Di Blasi, S., Matese, A., Primicerio, J., Vaccari, F.P., Genesio, L. (2012). Airborne high-resolution images for grape classification, changes in correlation between technological and late maturity in a Sangiovese vineyard in Central Italy. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 18, 80-90.
- Hall, A., Louis, J., Lamb, D. (2003). Characterising and mapping vineyard canopy using highspatial resolution aerial multispectral images. *Comput. Geosci.*, 29(7), 813-822.
- Haselgrove, L., Botting, D., van Heeswijck, R., Hoj, P., Dry, P., Ford, C., Iland, P. (2000). Canopy microclimate and berry composition, the effect of bunch exposure on the phenolic composition of *Vitis vinifera* L. Cv Shiraz grape berries. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 6,141-149.
- Iland, P., Gago, P. (2002). Australia Wines, Styles and Tastes. Campbell town, South Australia. Patrick Iland Wine Promotions.
- IPCC: Climate Change (2013). The Physical Science Basis. EnWorking Group I Contribution to the IPCC Fifth Assesment Report. 2013.
- Kliwer, W.M., Dokoozlian, N.K. Leaf Area/Crop Weight Ratios of Grapevines: Influence on Fruit Composition and Wine Quality. *Am. J. Enol. Vitic.*, 56, 170-181.
- Kliwer, W.M., Lider, L.A., Schultz, H.B. (1967). Influence of artificial shading of vineyards on the concentration of sugar and organic acids in grapes. *Am. J. Enol. Vitic.*, 18, 78-86.
- Lamb, D.W., Weedon, M.M., Bramley, R.G.V. (2004). Using remote sensing to predict phenolics and colour at harvest in a Cabernet Sauvignon vineyard. Timing observations against vine phenology and optimising image resolution. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 10, 46-54.
- Martínez-Casasnovas, J.A., Agelet-Fernandez, J., Arnó, J., Ramos, M.C. (2012). Analysis of vineyard differential management zones and relation to vine development, grape maturity and quality. *Span. J. Agric. Res.*, 10(2), 326-337.
- Mori, K., Goto-Yamamoto, N., Kitayama, M., Hashizume, K. (2007). Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature. *J. Exp. Bot.*, 58, 1935-1945.
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering D.W., Harlan, J.C. (1974). Monitoring the vernal advancements and retrogradation of natural vegetation. NASA/GSFC Final Report, Greenbelt, MD, 371.
- Sadras, V.O., Stevens, R.M., Pech, J.M., Taylor, E.J., Nicholas, P.R., McCarthy, M.G. (2007). Quantifying phenotypic plasticity of berry traits using an allometric-type approach: a case study on anthocyanins and sugars in berries of Cabernet Sauvignon. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 13, 72-80.
- Schultz, H.R., Jones, G.V. (2010). Climate Induced Historic and Future Changes in Viticulture. *J. Wine Res.*, 21(2), 137-145.
- Spayd, S.E., Tarara, J.M., Mee, D.L., Ferguson, J.C. (2002). Separation of sunlight and temperature on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. *Am. J. Enol. Vitic.*, 53, 171-182.
- Tisseyre, B., Mazzoni, C., Fonta, H. (2008). Whithin-field temporal stability of some parameters in viticulture: Potential toward a site specific management. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 42, 27-39.