

VARIABILIDAD DE LA CALIDAD DE UVA TEMPRANILLO EN LA RIBERA DEL DUERO (ESPAÑA) Y SU RELACIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

María Concepción RAMOS¹, Gregory V. JONES², Jesús YUSTE³

¹Departamento de MedioAmbietne y Ciecias del Suelo-Agrotecnio, Universidad de Lleida, Lleida, Spain

²Department of Environmental Science and Policy, Southern Oregon University, Ashland, Oregon, USA

³Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León, Valladolid, Spain*

Autor para correspondencia: M.C. Ramos. E-mail:cramos@macs.udl.es

Trabajo presentado en el XI International Terroir Congress, Julio, 2016, McMinnville, Oregon (USA).

Introducción

De todos los componentes del “terroir”, el clima es, sin duda, uno de los más influye en el crecimiento de la vid y el desarrollo de la uva. No solo se requieren una temperaturas acumuladas por encima de un umbral o temperatura base (10°C) para el inicio de la brotación (Winkler, 1974; Bonada et al. 2015), sino que también afectan al desarrollo y el crecimiento la vid a lo largo de todo el ciclo (Webb et al. 2012; Sadras y Moran 2013). Mientras algunos días con temperaturas superiores a 30°C puede ser beneficioso durante el período de maduración, temperaturas excesivamente altas pueden inducir el estrés de la planta y un envero prematuro, pudiendo también reducir la fotosíntesis. Algunas características de la uva, tales como la acumulación de sólidos solubles o la acidez, resultan ser más afectadas por el clima que por las características de los suelos u otros factores ambientales. Por otra parte, las condiciones frías parecen favorecer la intensidad colorante, que varía considerablemente de un año a otro debido al clima. Además, el agua disponible durante el período de crecimiento es un factor clave para lograr un óptimo crecimiento y una productividad sostenible. La cantidad y distribución de las precipitaciones pueden también variar de un lugar a otro, y la variabilidad espacial de la capacidad del suelo para almacenar agua puede desempeñar un papel importante en su disponibilidad. La disponibilidad de agua determina el estado hídrico de la planta (Constantini et al. 2010) y también puede influir en las características organolépticas de los vinos (Deloire et al. 2005). Las temperaturas durante el período de crecimiento n la idoneidad de cada una de las variedades que se cultivan en un área determinada (Jones et al., 2010). No obstante, a escala del “terroir”, las diferencias de temperatura y precipitación que están ligadas a efectos topográficas, dan lugar a diferencias en la fenología y a los procesos de maduración de una variedad determinada.

La historia de la viticultura en la Ribera del Duero está fuertemente vinculada al paisaje, al clima y a la cultura. Esta zona ha sido cultivada con viñas durante siglos, pero la expansión de los viñedos a nuevas áreas de cultivo ha implicado cambios desde zonas de elevación mayores de 900 m y pendientes pronunciadas a zonas más bajas (entre 750 y 800 m) y suelos más fértiles. Estos cambios requieren una mayor atención del manejo de la viña y a los aspectos del microclima que afectan desarrollo y a la maduración de la uva. En la región del Duero, la variedad dominante es la Tempranillo y la mayoría de los viñedos se cultivan bajo condiciones de secano. Por esta razón, la variabilidad del clima puede afectar el desarrollo y la producción de uva. En esta investigación se analizó la variabilidad de las características de la uva de la variedad Tempranillo en la maduración en relación con las condiciones climáticas a lo largo de la Denominación Ribera del Duero (España).

Materiales y métodos

Área de estudio

La DO Ribera del Duero cubre aproximadamente 115 km a lo largo del río Duero (Fig. 1). Geológicamente la Ribera del Duero es parte de la gran meseta septentrional formada por un gran zócalo recubierto con depósitos terciarios, que consisten en capas de limos y arenas ocre y arcillas rojizas, y las terrazas medias y bajas del río Duero (Cuaternario). Los principales tipos de suelo en la zona de la Ribera del Duero son *Typic Xerofluvent* (en los depósitos aluviales) y *Typic Calcixerollic Xerochrept*, *Xerochrept* y *Haploxeralf cálcic* (en las terrazas del río Duero). Dentro de la Ribera del Duero, se puede encontrar diferencias de elevación de unos 700 m a más de 1000 m sobre el nivel del mar (s.n.m.). por encima del nivel del mar. El clima es templado, con veranos calurosos y secos en la parte occidental de la D.O. y templados con veranos secos en la parte oriental de la DO. La temperatura media anual oscila entre 10,2 y 12,0°C, con temperaturas máximas promedio de alrededor de 18,4 °C y las temperaturas mínimas promedio que oscilan entre 4.5 y 5.0°C. La precipitación anual media varía entre 413 y 519 mm con las lluvias principalmente concentradas en dos períodos: abril-mayo y octubre-noviembre-diciembre (Botey et al. 2013). Los sistemas de plantación han ido evolucionando desde la vegetación libre históricamente utilizada (plantación es vaso) a sistemas de emparrado en espalder vertical. Sin embargo, aunque ambos sistemas están en uso hoy en día, el sistema tradicional en vaso sigue siendo más común (Yuste, 2008).

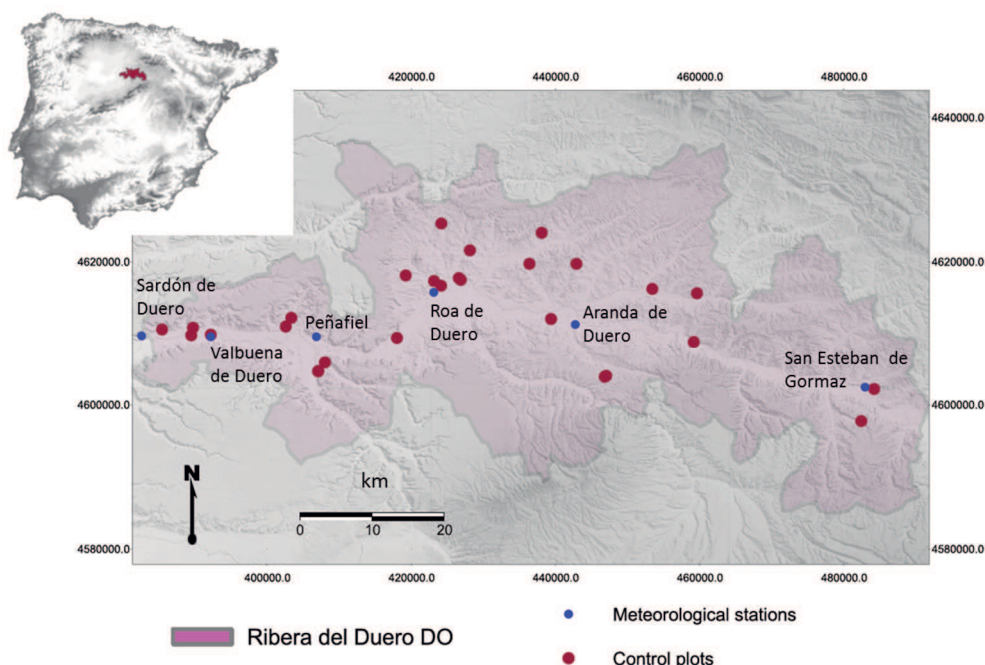


Figura 1: Localización del área de estudio y de las parcelas y las estaciones meteorológicas usadas en este estudio.

Datos y análisis

Datos climáticos: para este análisis se han utilizado datos de temperatura y precipitación diaria para el período 1980-2012 de cinco observatorio meteorológicos pertenecientes a la AEMET: Sardón de Duero (41.609°N, 4.4336°O; 723 m s.n.m.); Valbuena de Duero (41.6397°N, 4.2925°W; 733 m s.n.m.); Roa de Duero (41.6969°N, 3.9278°O; 811 m s.n.m.); Aranda de Duero (41.67139°N, 3.6892°W; 798 m s.n.m.); San Esteban de Gormaz (41.5753°N, 3.20805°O; 876 m s.n.m.) (Fig.1). También se utilizó una serie más corta de los últimos 10 años registrada en Peñafiel (41.5964°N, 4.11861°O; 754 m s.n.m.). Para cada observatorio meteorológico se evaluaron para cada año los siguientes índices: los valores promedio de la temperatura máxima (Tmax), la temperatura mínima (Tmin) y la precipitación (P) durante la el periodo de crecimiento y para cada periodo fenológico [brotación-floración (PBB), floración-envero (VBP) y envero- vendimia (PVH)], y la diferencias entre temperatura diurna y nocturna durante el período de maduración (DTR). Los índices bioclimáticos calculados fueron: el índice de Winkler (WI) y el índice de Huglin (HI); el número de días de heladas (FD) y el número de días con $T > 30^{\circ}\text{C}$ (NDT30) así como la evapotranspiración del cultivo calculada según Penman Monteith ecuación y utilizando los coeficientes de cultivo propuesto por Allen et al. (1998) para el período de crecimiento (ETcGS).

Datos de calidad de la uva: Se evaluaron parámetros tales como pH, la acidez total (AcT) y el ácido málico (AcM), la concentración de antocianos totales (AntT) y extraíbles (AntE), la intensidad colorante (IC), los sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Beaume) y el peso de las bayas en 26 parcelas distribuidas a lo largo de la Ribera del Duero (Fig. 1) durante los años 2003 a 2013. Esta información fue suministrada por el Consejo Regulador de la Ribera del Duero. Se evaluaron los datos de cada parcela de uva y se establecieron dos grupos de parcelas, entre los que se observaron diferencias en las respuestas: el primer grupo correspondió a las parcelas ubicadas en las terrazas del río y el segundo grupo incluyo las parcelas situadas en las laderas. Las relaciones entre los parámetros de la uva y las variables climáticas se analizaron utilizando un análisis factorial y un análisis de regresión, que se realizado por separado para cada grupo de parcelas.

Resultados y discusión

Características climáticas del área de estudio

Se observaron diferencias significativas en la temperatura media del periodo de crecimiento en la zona, en particular entre las ubicaciones en los extremos este-oeste de la región, con las temperaturas más bajas registradas en la parte oriental de la Ribera del Duero. Las mayores diferencias se encontraron entre Sardón de Duero y San Esteban de Gormaz para Tmax y entre Aranda de Duero y San Esteban de Gormaz para Tmin (Tabla 1). También se observó que existían diferencias en el número de episodios extremos que se había registrado en la zona, siendo el observatorio de Roa de Duero el que registró los extremos más cálido y más fríos. El índice WI varió entre 1191 y 1579 GDD, sin diferencias significativas entre las localidades, mientras que se encontraron diferencias significativas para el índice HI, que varió entre 1973 y 2328 GDD. El HI da más peso a la Tmax que hace el WI y Tmax más presenta mayor variación a lo largo de toda la DO.

Tabla 1. Valores medios y desviación standard ($m \pm std$) de las características climáticas registradas en 6 observatorios meteorológicos distribuidos a lo largo de la Ribera del Duero durante el período 2003-2013.

Station	TMaxGS (°C)	TMinGS (°C)	ndT0 (days)	ndT30 (days)	PGS (mm)	WI (GDD)	HI (DD)
SD	25.7±1.3	9.0±0.7	51.9±14.9	53.4±13.5	172.4±98.0	1579±210	2328±195
VD	25.7±1.0	9.3±0.9	83.8±12.9	50.6±14.1	158.7±70.2	1397±197	2180±188
P	24.9±1.2	9.3±0.7	83.4±12.7	41.5±11.7	144.6±49.8	1350±166	2104±181
AD	24.7±1.9	8.5±0.5	66.8±18.2	52.9±14.2	183.4±50.8	1271±228	2080±283
RD	24.9±1.0	8.9±2.1	91.5±23.9	43.5±13.1	191.7±57.9	1191±378	1973±482
SEG	24.7±1.2	9.1±1.4	87.6±16.2	42.5±11.2	229.3±112.0	1279±164	2055±194

(SD: Sardón de Duero; VD: Valbuena de Duero; P: Peñafiel; RD: Roa de Duero; AD: Aranda de Duero; SEG: San Esteban de Gormaz) (TmaxGS (temperatura máxima durante el periodo de crecimiento, TminGS (temperatura mínima durante el periodo de crecimiento), ndT0 (nº de días de helada), ndT30 (nº de días con $T > 30^{\circ}\text{C}$), PGS (precipitación durante el periodo de crecimiento); PBB (precipitación durante el periodo período brotación-floración), PBV (precipitación durante el periodo floración-envero), PVH (precipitación durante el periodo período envero-vendimia), WI (índice Winkler), HI (índice Huglin).

Durante el período analizado, se registraron años con diferentes características climáticas. Se observaron diferencias entre años de más de 2°C en la temperatura máxima durante el período de crecimiento (TmaxGS) y hasta 5°C en la temperatura mínima (TminGS), con diferencias similares en el número de fenómenos extremos. Dentro del período analizado, 2007 y 2008 fueron los años más húmedos y fríos, en contraste con otros años en la década de los 2000s, que fueron más cálidos (2000, 2003, 2005, 2006, 2010, 2011 y 2012) y más secos (2002, 2005, 2009 y 2012), en comparación con la serie del clima más larga examinada por Ramos et al. (2015).

Variabilidad de los parámetros de calidad de la uva y relaciones con el clima

Los parámetros de calidad de la uva presentaron variación de un año a otro durante el período analizado (2003-2013) y entre las parcelas para un mismo año. En la maduración, el pH osciló entre 3,18 y 3,91, registrándose los valores más bajos durante los años 2004, 2007, 2008 y 2013 en la mayoría de las parcelas. La acidez total en esos años registraron los valores más altos, mientras que los más bajos se obtuvieron en los años 2005, 2006, 2009, 2011 y 2012. Las concentraciones de ácido málico variaron entre 1,37 y 5,45 gL^{-1} . Los valores más bajos fueron también registrados en 2005, 2006, 2011 y 2012, mientras que los valores más altos se registraron en 2004, 2007, 2008 y 2010. Los sólidos solubles totales (expresado $^{\circ}\text{Beaumé}$) oscilaron entre 10,6 y 15,0 $^{\circ}\text{C}$, con los valores más altos en 2007, 2008 y 2013. Los pesos de las bayas no mostraron diferencias significativas entre las parcelas. Los resultados relativos a los antocianos (antocianos totales y extraíbles y e intensidad colorante) mostraron diferencias entre los mismos grupos de años señalados anteriormente, registrándose los valores más altos en los años húmedo y frescos (2007, 2008, 2010), y los valores más bajos en los años más cálidos y secos (2003, 2005, 2006, 2009).

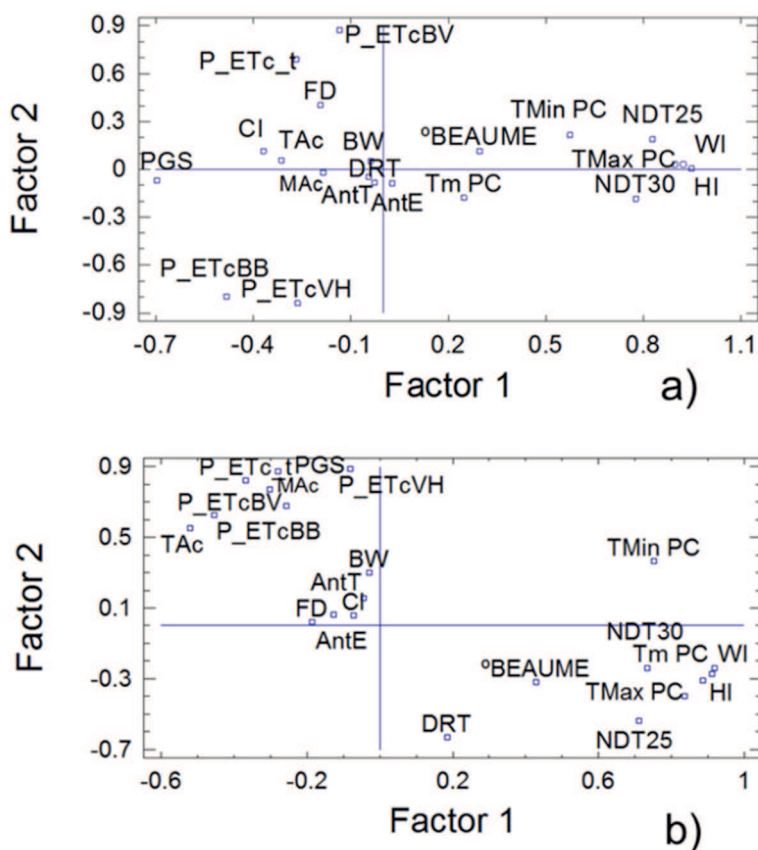


Figura 2. Relaciones entre las variables climáticas y los parámetros de la uva en la maduración: a) parcelas situadas en las terrazas del río; b) parcelas situadas en las laderas

El análisis factorial confirmó las relaciones entre algunas variables del clima y los parámetros de la uva medidos en la maduración (Fig. 2), observándose algunas diferencias entre las parcelas ubicadas en las terrazas río y las situadas en las laderas. Para las parcelas ubicadas en las terrazas del río, los valores de intensidad colorante mostraron una correlación positiva con la disponibilidad de agua y una correlación negativa con las variables de temperatura extrema. Sin embargo, los antocianos no mostraron ninguna correlación con variables de temperatura. Los parámetros de acidez (AcT y AcM) y peso de las bayas mostraron una correlación positiva con la disponibilidad del agua, pero no se encontró correlación con la mayoría de las variables de temperatura. Los sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Beaumé) mostraron correlación positiva con los índices HI y WI y negativa con la disponibilidad de agua durante el período brotación-floración. En las parcelas ubicadas en las laderas, los parámetros relativos a la acidez (AcT y AcM) y el índice IC mostraron correlación con el agua disponible durante el período brotación-floración, mientras que los sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Beaumé) estaban inversamente correlacionados con este parámetro. Las variables de temperatura (Tmax, WI, HI y el número de días con $T > 30^{\circ}\text{C}$) mostraron correlación positiva con los sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Beaumé) y negativa con la intensidad colorante y la acidez. Los antocianos no mostraron correlaciones significativas con ninguno de los parámetros climáticos. Sin embargo, la intensidad colorante mostró una fuerte relación con las diferencias entre las temperaturas diurnas y nocturnas del período de maduración (DTR).

La respuesta promedio de cada grupo de parcelas a los cambios en cada parámetro se muestra en la Tabla 2. Respecto a la influencia del agua disponible, se observaron impactos mayores en las

parcelas ubicadas en las laderas que en las parcelas ubicadas en las terrazas del río. De acuerdo a los resultados observados durante estos años, la intensidad colorante disminuía entre 1,00 y 0,52 unidades de absorbancia respectivamente, en los dos grupos de parcelas, para incrementos en el déficit de agua de 100 mm. El peso de las bayas, para el mismo cambio en la disponibilidad de agua, es cinco veces mayor en las laderas que en las terrazas. Tanto la acidez total como el ácido málico y la intensidad colorante mostraron cambios con la temperatura, siendo mayor el efecto en las parcelas situadas en las terrazas del río. Así se observó que para cambios de 1°C en la temperatura, la intensidad colorante cambiaba entre -0,27 y -0,73 unidades; la AcT presentaba cambios entre -0,453 y -0,287 gL⁻¹; y la AcM cambiaba entre -0,234 y -0,252 gL⁻¹, respectivamente en las parcelas situadas en las terrazas del río y en las laderas. Tanto el peso de las bayas como los sólidos solubles totales (°Beaumé) mostraron relaciones similares a la temperatura en todas las áreas.

Tabla 2: Respuesta de diferentes parámetros de calidad de la uva a cambios de las variables climáticas para parcelas situadas en las terrazas del río y en las laderas

	Parcelas en las terrazas del río				Parcelas en las laderas				
	100 mm deficit BV	1°C ΔTmaxGS	100 GDD ΔWI	100 DD ΔHI	100 mm deficit BB	1°C ΔTmaxGS	100 GDD ΔWI	100 DD ΔHI	1°C ΔDTR
pH	-0,093	0,038	0,02	0,02	-0,083	0,047	0,03	0,03	
AcT (gL⁻¹)	0,34	-0,453	-0,20	-0,24	0,959	-0,287	-0,36	-0,296	
AcM (gL⁻¹)	0,17	-0,234	-0,06	0,10	0,556	-0,252	-0,20	-0,167	
°B (°)	-0,11	0,338	0,19	0,2	-0,407	0,290	0,18	0,157	
100BW (g)	2,1	-2,90	-2,38	-1,23	10,23	-3,22	-2,04	-1,64	
IC (Un. Abs.)	0,52	-0,753	-0,51	-0,49	1,03	-0,269	-0,35	-0,21	0,62

(déficit BB: déficits de 100 mm durante el período brotación-floración; déficit BV: déficits de 100 mm durante el período floración-verano; 1°C ΔTmaxGS: aumento de 1°C en TMaxGS; 1°C ΔDTR: aumento de 1°C en DTR; 100GDDΔWI: aumento de 100GDD en el índice Winkler; 100DDΔHI: aumento de 100 GDD en el índice Huglin).

Se observaron diferencias en la maduración entre años y entre las parcelas dentro de la Ribera del Duero. Hubo menos variabilidad para cada parcela en los años húmedos que en los años secos para todos los parámetros de acidez (AcT, AcM y pH) y para el peso de las bayas. Sin embargo, los resultados referentes a los sólidos solubles totales (°Beaumé) y a los antocianos fueron opuestos, con mayor variabilidad en los años secos. En relación a la variabilidad dentro de la DO, en la mayoría de los años, los valores de pH fueron mayores en la zona occidental que en la zona central y oriental de la DO. Asimismo, los sólidos solubles totales y las concentraciones de antocianos también fueron mayores en la zona occidental que en la oriental de la DO.

Es sabido que las uvas cultivadas en climas cálidos tienden a tener una menor acidez en la madurez que las uvas cultivadas en climas más fríos. Por otro lado, cuanto mayor más cálido es el clima mayor tiende a ser el contenido de azúcar de las uvas, por lo que el grado alcohólico es mayor. Además, los déficits de agua podrían afectar al peso de las bayas y a la acumulación de antocianos en las uvas. Los resultados observados en este estudio están parcialmente en concordancia con los resultados indicados por otros investigadores. En este estudio, se muestra la relación entre el peso de las bayas y la disponibilidad de agua durante el período de brotación-floración, mientras que el contenido de antocianos totales y extraíbles no mostraron ninguna relación con parámetros climáticos. En este sentido, Downey et al. (2006) indican la incidencia de los déficits de agua en la

reducción del tamaño de la baya y que los cambios en la proporción de piel en el peso de la baya, que afectaría a las concentraciones fenólicas. Algunos autores han demostrado que los déficits de agua aumentan las concentraciones de antocianos y procianidinas en las bayas (Nadal y Arola 1995; Ojeda et al. 2002; Roby y Matthews, 2004; Castellarin et al. 2007), mientras que otros autores no encontraron efectos significativos de los déficit de agua en la acumulación de estos compuestos (Kennedy et al. 2002).

Conclusiones

Los resultados confirman la variabilidad espacial y temporal en la maduración de la uva en la DO Ribera del Duero influenciada por las condiciones climáticas. Los niveles de acidez, sólidos solubles totales, pesos de las bayas y la intensidad colorante, son los parámetros más afectados, aunque las relaciones con las variables climáticas de cada parámetro cambian a lo largo de la DO. Los resultados muestran el papel de la variabilidad espacial de las temperaturas más altas y mayores déficits hídricos en los períodos brotación-floración y floración-envero en los parámetros de la calidad de la uva, que finalmente afectan la producción de una y a la calidad final del vino.

Agradecimientos: los autores agradecen al Consejo Regulador of Ribera del Duero DO la información relativa a todas las parcelas y a la AEMET la información climática utilizada en este estudio.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome
- Bonada, M., D.W. Jeffery, P.R. Petrie, M.A. Moran and V.O. Sadras. 2015. Impact of elevated temperature and water deficit on the chemical and sensory profiles of Barossa Shiraz grapes and wines. Australian Journal of Grape and Wine Research 21: 240–253.
- Botey, R., J.A. Guijarro and A. Jiménez. 2013. Agencia Estatal de Meteorología. Valores normales de precipitación mensual 1981-2010. Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado. <http://publicacionesoficiales.boe.es/>
- Castellarin, S.D., M.A. Matthews, G. Di Gaspero and G.A. Gambetta. 2007. Water deficits accelerate ripening and induce changes in gene expression regulating flavonoid biosynthesis in grape berries. Planta 227(1):101-12.
- Downey, M.O. N.K. Dokoozlian and M.P. Krstic. 2006. Cultural practice and environmental impacts on the flavonoid composition of grapes and wine: A review of recent research. American Journal of Enology and Viticulture 57: 257-268.
- Jones, G. V., A.A. Duff, A. Hall and J.W. Myers. 2010. Spatial analysis of climate in winegrape growing regions in the western United States. American Journal of Enology and Viticulture, 61(3): 313–326.
- Kennedy, J.A., M.A. Matthew and A.L. Waterhouse. 2002. Effect of maturity and vine water status on grape skin and wine flavonoids. Am. J. Enol. Vitic. 53: 268-274.
- Nadal, M. and L. Arola. 1995. Effects of limited irrigation on the composition of must and wine of Cabernet Sauvignon under semiarid conditions. Vitis, 34: 151-154.
- Ojeda, H., C. Andary, E. Kraeva, A. Carbonneau and A. Deloire. 2002. Influence of pre-and postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of Vitis vinifera cv. Shiraz. Am. J. Enol. Vitic. 53: 261-267.

- Ramos, M.C., G.V. Jones and J.Yuste. 2015. Spatial and temporal variability of cv. Tempranillo phenology and grape quality within the Ribera del Duero DO (Spain) and relationships with climate. *Inter. J. Biometeorol.* 59(12): 1849-1860.
- Roby, G. and M.A. Matthews. 2004. Relative proportions of seed, skin and flesh in ripe berries from Cabernet Sauvignon grapevines grown in a vineyard either well irrigated or under water deficit. *Aust. J. Grape Wine Res.* 10: 74-82.
- Sadras, V.O. and M.A. Moran. 2013. Nonlinear effects of elevated temperature on grapevine phenology. *Agricultural and Forest Meteorology* 173: 107–115.
- Webb, L.B., P.H. Whetton, J. Bhend, R. Darbyshire, P.R. Briggs and E.W.R. Barlow. 2012. Earlier wine-grape ripening driven by climatic warming and drying and management practices. *Nature Climate Change* 2: 259–264.
- Winkler, A.J., J.A. Cook, W.M. Klier and L.A. Lider. 1974. *General Viticulture* (2nd ed.). University of California Press.
- Yuste J. 2008. Proceedings of II International Congress Ribera del Duero: pp. 25 -33.

Resumen

El objetivo de esta investigación fue analizar la variabilidad de las características de maduración de la variedad Tempranillo en la Denominación de origen (DO) Ribera del Duero (España) en relación con las características climáticas. Se analizaron las características de las uvas medidas en la maduración [peso de la baya, sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Beaume), pH, acidez total y ácido málico, antocianos (totales y extraíbles) e índice de color (CI)], en 26 parcelas distribuidas a lo largo de la Ribera del Duero, y su relación con variables climáticas (temperatura, precipitación y diferentes índices bioclimáticos (WI y HI)], durante el periodo 2003 a 2013. Se encontraron diferencias en los parámetros de la uva analizados entre años con diferentes condiciones climáticas (años secos y húmedos, y calientes y fríos), así como entre las parcelas ubicadas en las terrazas del río y en las laderas. La variabilidad de los parámetros relativos a la acidez y al peso de las bayas fue menor en los años húmedos que en los años secos. Sin embargo, las diferencias en los sólidos solubles totales y antocianos fueron opuestas. Los sólidos solubles totales, el pH y las concentraciones de antocianos fueron consistentemente mayores en la parte occidental que en el centro o en la parte oriental de la DO, de acuerdo con las diferencias de temperatura observadas en el área. En las parcelas ubicadas en las terrazas, los valores de la intensidad colorante mostraron correlaciones positivas con el agua disponible y correlaciones negativas con temperaturas extremas. Los parámetros relativos a la acidez y al peso de las bayas mostraron una correlación positiva con la disponibilidad de agua en las primeras etapas del ciclo (brotación-floración), pero no se encontró correlación con la mayoría de las variables referentes a la temperatura. Los sólidos solubles totales correlacionaron positivamente con los índices HI y WI (acumulación de calor) y negativamente con la disponibilidad de agua durante período brotación-floración. En las parcelas ubicadas en las laderas, los parámetros relativos a la acidez y la intensidad colorante correlacionaron con el agua disponible durante la brotación-período de floración, mientras que los sólidos solubles totales correlacionaron inversamente con este parámetro. Las variables e índices relativos a la temperatura - temperatura máxima (T_{max}), Winkler Index (WI), índice de Huglin (HI) y el número de días con temperatura $> 30^{\circ}C$ ($NdT30$) - correlacionaron positivamente con los sólidos solubles totales y negativamente con la intensidad colorante y los niveles de acidez. Sin embargo, los antocianos no mostraron correlaciones significativas con parámetros climáticos en ningún lugar dentro del área de estudio.

Palabras clave: *acidez, agua disponible, antocianos, color, grado alcohólico, peso de las bayas, precipitación, temperatura, terroir.*

Abstract

The aim of this research was to analyze the variability of ripening characteristics of the Tempranillo variety in relation to climate conditions within the Ribera del Duero Designation of Origin (Spain). Grape characteristics measured at ripening [berry weight, total soluble solids, pH, acidity (titratable and malic), anthocyanins (total and extractable) and color index (CI)], recorded from 2003 to 2013 in twenty-six plots distributed throughout the Ribera del Duero region were related to climate conditions [temperature, precipitation and different bioclimatic indexes (WI and HI)]. Differences in these parameters were found between years with different climatic conditions (dry and wet years and warm and cool conditions) as well as between the plots located on the terraces and on the hillslopes. The variability for all acidity parameters and for berry weight between plots was smaller in the wet years than in the dry years. However, the differences were opposite for sugar content and anthocyanins during the dry years. Sugar content, pH values and anthocyanins were consistently greater in the western portion of the DO region than in the central or in the eastern portion, in agreement with the differences in temperature observed between both area's extremes. In the plots located in the terraces, the CI values exhibited positive correlations with water availability and negative correlations with extreme temperatures. Acidity parameters and berry weight showed positive correlation with water availability in the earlier stages (bud break-bloom), but no correlation was found with most temperature variables. Sugar content correlated positively with the HI and WI indexes (heat accumulation) and negatively with water availability during the bud break-bloom period. In the plots located on the hillslopes, the acidity parameters and the CI were correlated with the available water during the bud break-bloom period, while sugar content was inversely correlated with this parameter. Temperature variables and indexes – maximum temperature (Tmax), Winkler Index (WI), Huglin Index (HI) and the number of days with Temperature > 30°C (NdT30) – correlated positively with sugar content and negatively with the CI and acidity levels. However, anthocyanins did not exhibit any significant correlations with climate parameters in any location within the study area.

Keywords: viticulture, enology, terroir, acidity, anthocyanins, berry weight, hillslopes, precipitation, river terraces, temperature