

Effect of two water deficit regimes on phenolic composition of 15 recovered grapevine varieties in Castilla-La Mancha region (Spain): A comparison with national and international varieties

A. Sergio Serrano Parra^{1,2}, Cristina Cebrián-Tarancón², Jesús Martínez Gascueña¹, Juan Luis Chacón Vozmediano¹, M. Dolores Carmona Zapata¹, and Gonzalo L. Alonso²

¹Instituto Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario y Forestal de Castilla-La Mancha (IRIAF), Ctra. Toledo-Albacete s/n, 13700 Tomelloso, Ciudad Real, Spain

²Cátedra de Química Agrícola, E.T.S.I. Agrónomos y de Montes, Universidad de Castilla-La Mancha, Avda. de España s/n, 02071 Albacete, Spain

Abstract. As a consequence of the climate change effects, the chemical composition of wine grapes is being altered, particularly the phenolic components. For this reason, the drought effect on the phenolic composition of an extensive group of white and red varieties grown under a semi-arid continental Mediterranean climate (La Mancha, Spain) was studied in the 2021 vintage. The study was based on the comparison of the phenolic compounds of minority varieties, using other widely cultivated varieties as a reference. The results obtained indicated that there are currently little-known varieties that can equal or even improve to other reference varieties in terms of phenolic composition. Such varieties may be a good alternative for maintaining wine quality in present and future climate change scenarios.

1 Introducción

En las últimas décadas se están viendo adelantadas las vendimias en las principales regiones vitivinícolas del mundo como consecuencia del calentamiento global, lo que está provocando que la maduración de las uvas se produzca bajo condiciones más cálidas y secas. Estos cambios ambientales afectan negativamente a la calidad: uvas con mayor grado de azúcares, menor acidez, modificaciones en los aromas y en los compuestos fenólicos. Entre las alternativas propuestas para hacer frente a estos efectos negativos se ha planteado la selección de material vegetal mejor adaptado. En este trabajo se ha estudiado la respuesta de un amplio grupo de variedades de vid, bajo condiciones de estrés abiótico, en base a la concentración de los diferentes compuestos fenólicos presentes en las uvas. Entre ellas, se encuentran 15 variedades minoritarias recientemente recuperadas que pueden suponer un valioso recurso por su posible adaptación a condiciones climáticas presentes y venideras. Estas variedades se compararon con otras 9 ampliamente cultivadas que se usaron como referencia.

2 Materiales y métodos

2.1 Sitio experimental y material vegetal

El presente estudio se llevó a cabo en el año 2021 en un viñedo experimental multivarietal situado en Tomelloso (Castilla-La Mancha, España). El clima de la zona es mediterráneo semiárido continental. El suelo de la parcela

era un *Petrocalcic calcixercept* con un horizonte superficial a 35 cm de profundidad. El viñedo se plantó en 2008 injertado sobre patrón Fercal. Las cepas se plantaron con una separación entre hileras de 2,8 m y de 1,2 m entre cepas (2.976 cepas/ha) y estaban conducidas en espaldera con formación de cordón Royat bilateral. Las variedades que se estudiaron se clasificaron en dos grupos: variedades minoritarias recuperadas en la región de Castilla-La Mancha (España) y variedades nacionales e internacionales que se utilizaron como referencia. Son las que aparecen en la Tabla 1.

Tabla 1. Variedades estudiadas.

	Blancas	Tintas
Referencia	Airén (AI)	Bobal (BO)
	Chardonnay (CH)	Garnacha Tinta (GT)
	Macabeo (MAC)	Merlot (ME)
	Riesling (RI)	Syrah (SY)
Minoritarias	Albillo Dorado (AD)	Tempranillo (TE)
	Azargón (AZ)	Benedicto (BE)
	Blanca del Tollo (BT)	Moravia Agria (MA)
	Jarrosuelto (JA)	Moribel (MO)
	Maquías (MAQ)	Tinto Fragoso (TF)
	Mizancho (MI)	Tinto Velasco (TV)
	Montonera del Casar (MC)	Tortozona Tinta (TT)
	Moscatel Serrano (MS)	
	Pintada (PI)	

Entre paréntesis se muestra la abreviatura utilizada para cada variedad.

2.2 Régimen hídrico y momento de vendimia

De cada variedad se estudiaron 50 cepas, las cuales se sometieron a dos regímenes hídricos diferentes: 20 cepas se cultivaron en condiciones de sequía con riego de supervivencia (tratamiento *d*, 320 m³/ha) y 30 cepas se cultivaron bajo regadío (tratamiento *w*, 980 m³/ha). Se realizó un seguimiento de la maduración, eligiendo el momento de vendimia cuando el cociente grado Brix/acidez total fue óptimo para cada variedad, en base a datos históricos de ambos parámetros. En ese momento, se cosechó una cantidad representativa de uva de unos 2 kg de cada tratamiento hídrico y se congeló para su posterior análisis.

2.3 Preparación de las muestras

Para la preparación de las muestras se siguió el método que a continuación se describe:

- **Reactivos utilizados:**
 - Solución acuosa de 5 g L⁻¹ de ácido tartárico ajustada a pH 3,6 con NaOH.
 - Solución acuosa de HCl 0,1 N ajustada a pH 1 con NaOH.

- **Procedimiento:**

Una vez descongeladas las muestras de uva, se tomaron 200 bayas representativas de cada una y se trituraron a 4.000 rpm hasta que el triturado fue homogéneo. Se pesaron por duplicado, en dos frascos de centrifuga, 50 g del triturado. A uno de ellos se añadieron 50 mL de solución acuosa a pH 3,6 y al otro 50 mL de solución acuosa a pH 1. Se taparon los frascos, se agitaron durante unos segundos para homogeneizar el contenido y se dejaron macerar durante 24 h a temperatura ambiente en laboratorio. Transcurrido dicho tiempo, se centrifugaron los frascos durante 10 min a 4.000 rpm. Se obtuvieron dos extractos (el de pH 1: potencial de extracción total; y el de pH 3,6: compuestos fácilmente extraíbles) en los que se realizaron las determinaciones analíticas.

2.4 Análisis realizados

En los extractos de uva se analizaron por duplicado los siguientes parámetros, utilizando diferentes métodos:

- **Índice de compuestos fenólicos totales (IPT):** según Ribéreau-Gayon et al. (1982) [1].
- **Parámetros cromáticos (IC y T) en variedades tintas:** según Glories (1984) [2].
- **Compuestos fenólicos de bajo peso molecular:** inyección directa en HPLC-DAD según Cebrián-Tarancón et al. (2019) [3].

2.5 Análisis estadístico

Se realizaron análisis de componentes de la varianza con el fin de estimar la contribución de los factores variedad, régimen hídrico y pH a la variabilidad de los parámetros

analizados. El conjunto de datos de compuestos fenólicos se analizó mediante análisis de varianza (ANOVA, $\alpha = 0,05$) aplicando el test de múltiples rangos de Duncan. Se utilizó el análisis de componentes principales (ACP) para visualizar las diferencias y similitudes en la composición fenólica de las distintas combinaciones variedad-régimen hídrico. Las agrupaciones de los ACP fueron identificadas mediante análisis de conglomerados. El software utilizado para el análisis estadístico fue Statgraphics Centurion XVIII (Statgraphics Technologies, Las Llanuras, Virginia, EE.UU.). Los gráficos de barras se construyeron con el programa SigmaPlot 14.0 (Systat software, San José, California, EE.UU.).

3 Resultados y Discusión

3.1 Compuestos identificados

Mediante el método descrito por Cebrián-Tarancón et al. (2019) [3] se identificaron un total de 11 compuestos fenólicos en uvas blancas (B) y 23 en tintas (T), los cuales fueron agrupados en cuatro familias químicas:

- **Ácidos fenólicos (280 nm):**
 - Ácido gálico (B y T)
- **Flavanoles (280 nm):**
 - (+)-Catequina (B y T)
 - (-)-Epicatequina (B y T)
 - Epigallocatequina (B y T)
 - Procianidina B2 (B y T)
- **Flavonoles (365 nm):**
 - Isorhamnetin 3-O-glucósido (B y T)
 - Miricetina 3-O-glucósido a (T)
 - Siringetina 3-O-glucósido (B y T)
 - Laricitrina 3-O-glucósido/galactósido (coelución) (T)
 - Quercetina 3-O-galactósido (B y T)
 - Miricetina 3-O-glucurónido a (T)
 - Quercetina (B y T)
 - Quercetina 3-O-glucurónido/glucósido (coelución) (B y T)
- **Antocianos (520 nm):**
 - Cianidina 3-O-glucósido (B y T)
 - Delfinidina 3-O-glucósido (T)
 - Malvidina 3-O-glucósido (T)
 - Peonidina 3-O-glucósido (T)
 - Petunidina 3-O-glucósido (T)
 - Cianidina 3-(6'-p-cumaroil)-glucósido (T)
 - Malvidina 3-(6'-p-acetil)-glucósido (T)
 - Malvidina 3-(6'-p-cafeoil)-glucósido (T)
 - Malvidina 3-(6'-p-cumaroil)-glucósido (T)
 - Petunidina 3-(6'-p-cumaroil)-glucósido (T)

3.2 Variabilidad y significancia estadística

La varianza de cada parámetro analizado se dividió en tres componentes: factor variedad, factor régimen hídrico y factor pH. En la Tabla 2 se observa que, en uvas tintas, el

factor régimen hídrico solamente afectó de forma significativa al IPT ($p < 0,05$). El factor variedad fue el que más contribuyó a la variabilidad de los flavanoles y del IPT, sin embargo en la tonalidad este efecto no fue significativo. El pH fue altamente determinante en la mayoría de parámetros, de manera que este factor contribuyó en más de un 70% a la varianza de los antocianos, flavonoles, índice de color y tonalidad, lo que pone de manifiesto que existieron diferencias significativas en la extracción de compuestos fenólicos dependiendo del pH del extracto.

Igual que en el caso de las uvas tintas, en uvas blancas (Tabla 3) el efecto del régimen hídrico solamente fue significativo en el IPT ($p < 0,01$). El factor variedad fue el que más contribuyó a la varianza de todos los parámetros analizados. Aunque el pH tuvo efectos significativos en todos los parámetros, estos fueron menos marcados que en uvas tintas.

Tabla 2. Componentes de la varianza en uvas tintas.

Familia de compuesto / parámetro	Factor		
	V	RH	pH
∑ Ácidos fenólicos	47,9% ***	0,0% n.s.	51,0% ***
∑ Flavanoles	52,6% ***	0,3% n.s.	47,0% **
∑ Flavonoles	8,8% ***	0,0% n.s.	91,2% ***
∑ Antocianos	26,3% ***	0,0% n.s.	73,7% ***
∑ Compuestos fenólicos	48,0% ***	0,0% n.s.	51,9% ***
IPT	80,9% ***	9,3% *	5,2% *
IC	5,2% ***	0,0% n.s.	93,6% ***
T	0,0% n.s.	0,0% n.s.	99,9% ***

Factores: V, variedad; RH, régimen hídrico; pH. Significancia: *, $p < 0,05$; **, $p < 0,01$; ***, $p < 0,001$; n.s., no significativo.

Tabla 3. Componentes de la varianza en uvas blancas.

Familia de compuesto / parámetro	Factor		
	V	RH	pH
∑ Ácidos fenólicos	58,3% ***	0,0% n.s.	41,4% *
∑ Flavanoles	66,2% ***	0,0% n.s.	33,7% ***
∑ Flavonoles	80,6% ***	2,6% n.s.	16,7% *
∑ Compuestos fenólicos	66,3% ***	0,0% n.s.	33,6% ***
IPT	73,1% ***	14,1% **	10,7% *

Factores: V, variedad; RH, régimen hídrico; pH. Significancia: *, $p < 0,05$; **, $p < 0,01$; ***, $p < 0,001$; n.s., no significativo.

3.3 Extracción de compuestos fenólicos

Como era de esperar, en la práctica totalidad de extractos de uvas tintas la extracción de compuestos fenólicos fue mayor a pH 1 que a pH 3,6 (Fig. 1). Generalmente, en los tratamientos *d* hubo mayor concentración de compuestos fenólicos que en los tratamientos *w*. Sin embargo, la sequía disminuyó el potencial de compuestos fenólicos (pH 1) en algunas variedades como Moravia Agria, Moribel, Syrah y Tempranillo. El potencial de compuestos fenólicos presentó los valores más elevados en Tinto Fragoso-*d*, Merlot-*d*, Benedicto-*d* y Moravia Agria-*w*, con valores medios por encima de los 300 g L⁻¹. Los compuestos fenólicos fácilmente extraíbles (pH 3,6) tuvieron valores mayores o iguales en los tratamientos *d* que en los *w*, a excepción de Bobal, Moravia Agria y Tempranillo. En variedades como Benedicto-*d*, Merlot-*d* y Tinto Fragoso-*d* se extrajeron concentraciones de compuestos fenólicos mayores a 200 g L⁻¹. Contrariamente, entre las variedades que presentaron menor extracción de compuestos fenólicos (< 100 g L⁻¹) en ambos extractos y regímenes hídricos, estuvieron Bobal, Tinto Velasco y Tortozona Tinta.

En todas las variedades de uva blanca (Fig. 2), la extracción de compuestos fenólicos fue mayor a pH 1 que a pH 3,6 y al igual que en tintas, la sequía no siempre aumentó el contenido fenólico. Por su potencial fenólico, destacó la variedad Maquías (alrededor de 400 g L⁻¹), con valores superiores a los obtenidos en Chardonnay y Riesling. No obstante, atendiendo a los compuestos fácilmente extraíbles, Chardonnay extrajo más compuestos fenólicos que Maquías y, esta a su vez, más que Riesling. Esta última variedad presentó un potencial fenólico similar al mostrado por Azargón, pero mientras que en Riesling la sequía disminuyó el potencial fenólico, en Azargón lo aumentó. En el resto de variedades blancas, la extracción de compuestos fenólicos a pH 1 fue menor o igual a 120 g L⁻¹. Los compuestos fenólicos fácilmente extraíbles presentaron valores muy bajos en Macabeo y en Mizancho-*w* lo que indica que, en condiciones normales, en estas variedades la extracción de compuestos fenólicos es reducida.

3.4 Clasificación de combinaciones variedad tinta-régimen hídrico por su composición fenólica

3.4.1 Potencial de extracción (pH 1)

Implementando las variables determinadas en un ACP se diferenciaron 4 grupos de variedades tintas en cuanto a potencial fenólico (Figs. 3 y 4). Destacó el grupo 2 (G2), formado por las variedades Tempranillo, Moribel y Tinto Velasco-*d*, por ser el que contenía mayor proporción de antocianos con respecto al resto de familias de compuestos fenólicos. Estas variedades también fueron las que mostraron la mayor proporción de ácidos fenólicos. El grupo 4 (G4), que incluía solamente a la variedad Benedicto, se caracterizó por exhibir el mayor porcentaje de flavanoles y la menor proporción de antocianos. Esta variedad mostró además altos valores de IPT y de tonalidad.

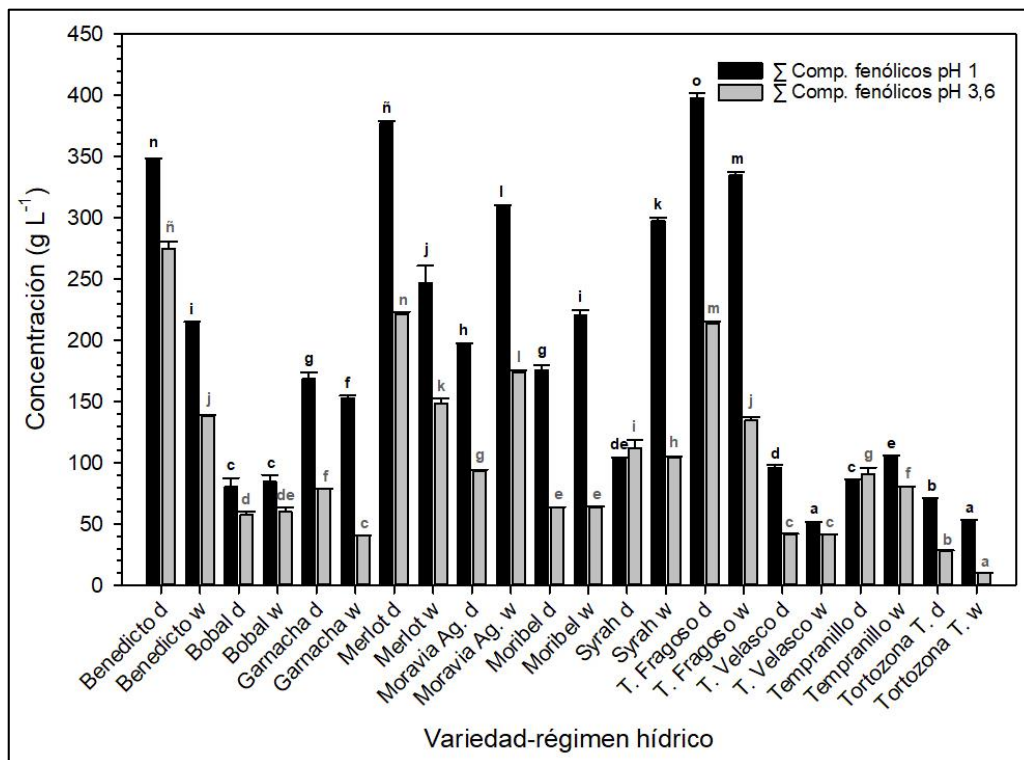


Figura 1. Concentración de compuestos fenólicos en las distintas combinaciones variedad tinta-régimen hídrico para cada pH del extracto. Las barras son la media y las barras de error la desviación estándar ($n = 2$). Diferentes letras sobre las barras indican diferencias estadísticamente significativas (test de Duncan, $p < 0,001$).

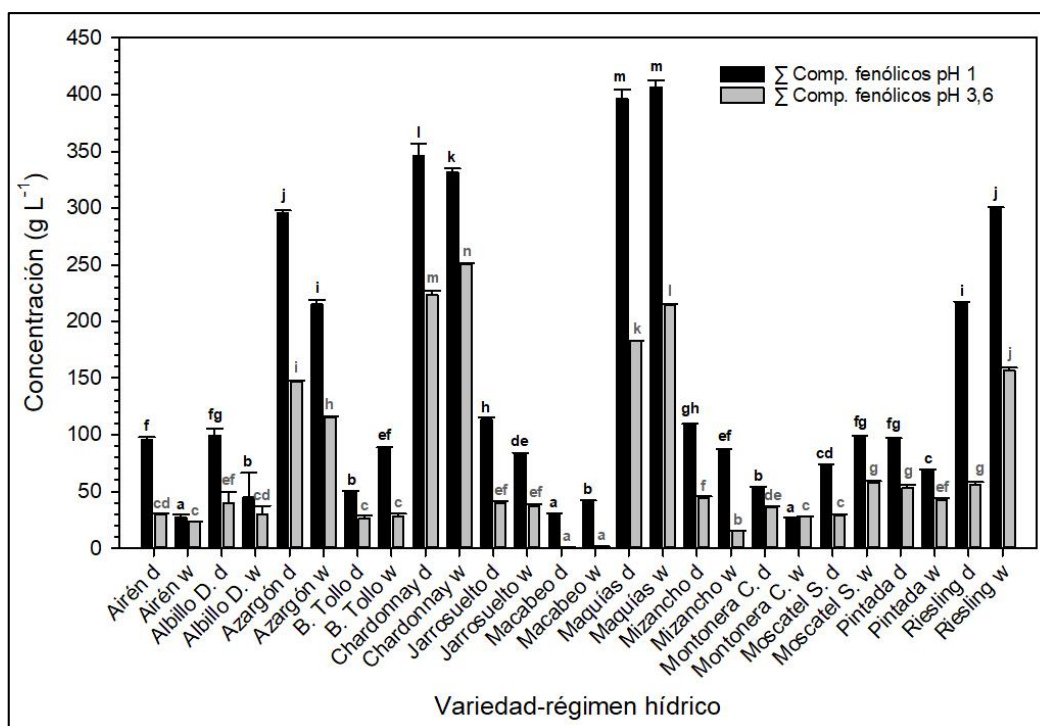


Figura 2. Concentración de compuestos fenólicos en las distintas combinaciones variedad blanca-régimen hídrico para cada pH del extracto. Las barras son la media y las barras de error la desviación estándar ($n = 2$). Diferentes letras sobre las barras indican diferencias estadísticamente significativas (test de Duncan, $p < 0,001$).

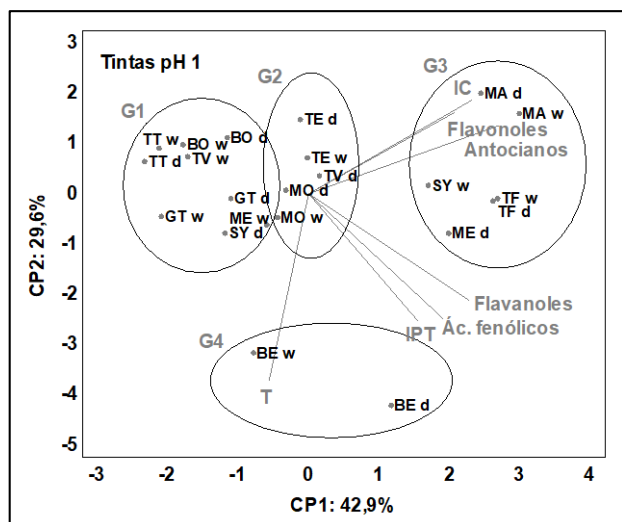


Figura 3. ACP del potencial de extracción de compuestos fenólicos en uvas tintas.

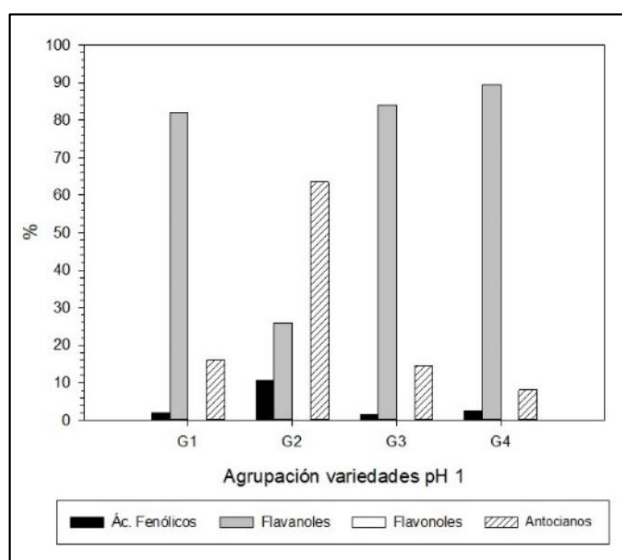


Figura 4. Composición fenólica de los diferentes grupos de variedades tintas a pH 1.

Como los antocianos están considerados compuestos marcadores de las variedades tintas, se realizó ACP con las concentraciones de los antocianos mayoritarias (monoglucósidos) (Fig. 5). De nuevo, en este análisis se identificaron 4 grupos de variedades. En la Figura 6 se observa que el grupo 2 (G2), formado por Bobal y Tortozona Tinta, destacó por presentar el mayor porcentaje de peonidina (> 30%). Contrariamente a lo que cabría esperar, el G4, formado únicamente por Tinto Velasco-d mostró mayor proporción de delfinidina que del resto de antocianos. Además, también fue la que tuvo la mayor proporción de petunidina de todos los grupos. Esta particularidad le confiere especial interés.

3.4.2 Compuestos fácilmente extraíbles (pH 3,6)

En el caso de los extractos a pH 3,6 se identificaron 4 grupos diferentes en lo que respecta a composición fenólica (Figs. 7 y 8). Destacó el grupo 2 (G2), formado

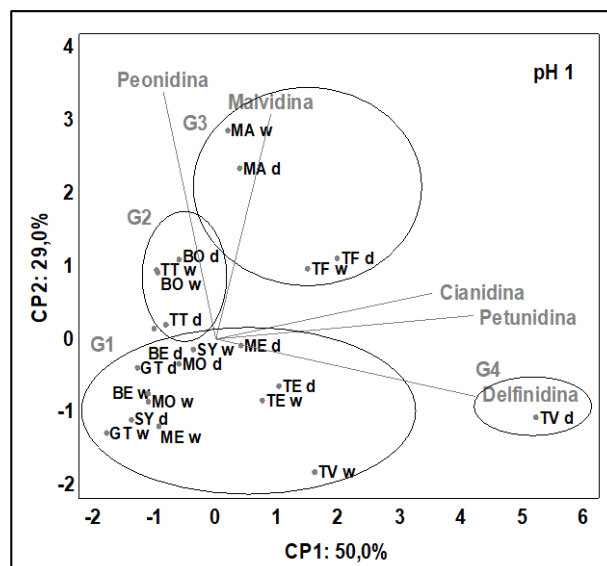


Figura 5. ACP del potencial de extracción de antocianos monoglucósidos en uvas tintas.

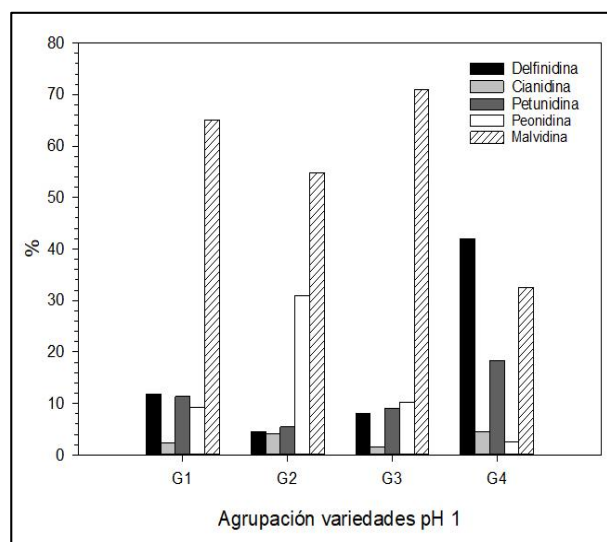


Figura 6. Composición antocianica de los diferentes grupos de variedades tintas a pH 1.

por las variedades Tinto Fragoso, Merlot y Syrah-d, por presentar la mayor concentración de flavanoles y la menor en lo que respecta a ácidos fenólicos y antocianos. De nuevo, a pH 3,6 también se agrupó Benedicto en sus dos regímenes hídricos (G3), en este caso se caracterizó por mostrar porcentajes intermedios de todos sus grupos fenólicos. El grupo G4, formado por Bobal, Tempranillo y Moravia Agria, destacó por tener el mayor porcentaje de antocianos y de ácidos fenólicos. Con respecto a los compuestos fácilmente extraíbles, en todos los grupos la malvidina fue el antociano mayoritario (Figs. 9 y 10). El grupo G2 (Bobal, Moravia Agria y Tinto Fragoso-d) destacó por mostrar el mayor porcentaje de peonidina. Particular fue la agrupación de Tempranillo con su parental Benedicto, mostrando proporciones de delfinidina y petunidina similares. El grupo G4, integrado por Tinto Velasco tuvo la proporción más alta de delfinidina y petunidina, pero el antociano mayoritario fue la malvidina.

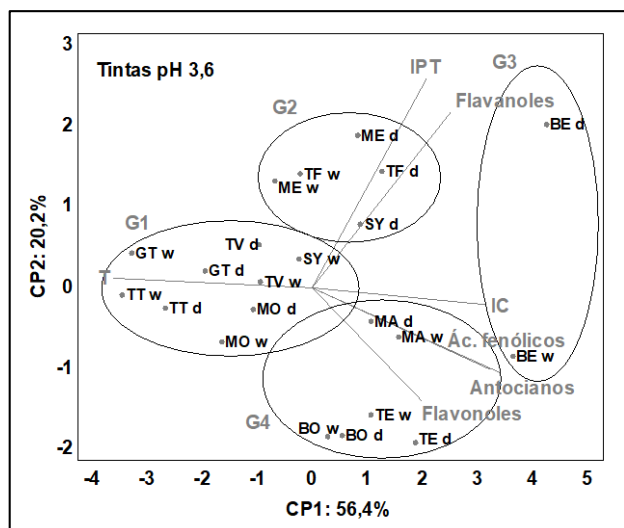


Figura 7. ACP de los compuestos fenólicos fácilmente extraíbles en uvas tintas.

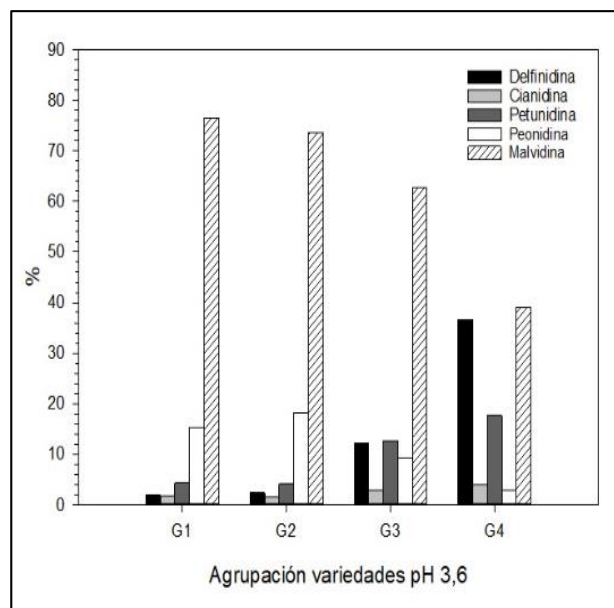


Figura 10. Composición antociánica de los diferentes grupos de variedades tintas a pH 3,6.

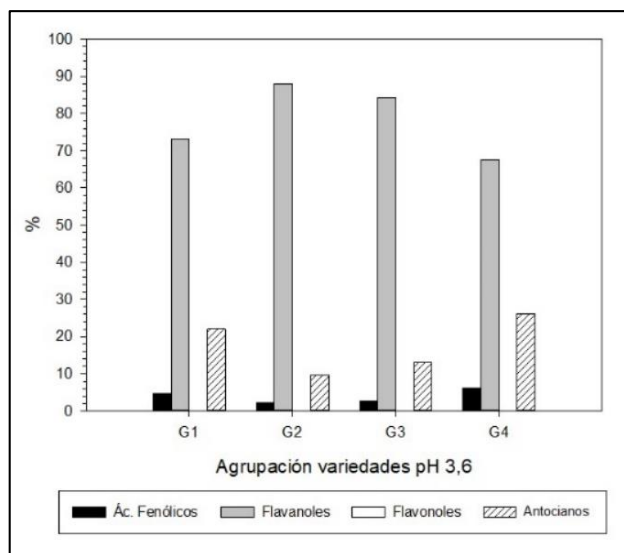


Figura 8. Composición fenólica de los diferentes grupos de variedades tintas a pH 3,6.

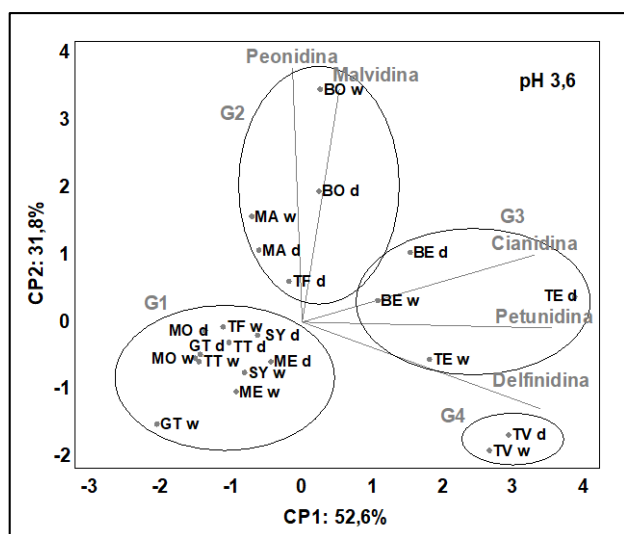


Figura 9. ACP de los antocianos monoglucósidos fácilmente extraíbles en uvas tintas.

3.4.3 Diferencias en el agrupamiento de variedades según los distintos valores de pH en el extracto

En la mayoría de los casos, las combinaciones variedad-régimen hídrico se agruparon de distinta manera dependiendo del pH del extracto. Benedicto fue la única variedad en la que ambos regímenes hídricos aparecían clasificados en el mismo grupo, según el análisis de componentes principales, independientemente del valor de pH del extracto además, en solitario. En ambos valores de pH esta variedad mostró una composición fenólica similar.

Con elevadas concentraciones de compuestos fenólicos, Moravia Agria y Tinto Fragoso, se agruparon junto con Syrah-*w* y con Merlot-*d* a pH 1. A pH 3,6 Tinto Fragoso se siguió agrupando con las variedades Merlot y Syrah (*d*), sin embargo en este caso Moravia Agria se agrupó junto con Bobal y Tempranillo. A pH 1 Tempranillo se agrupó con su descendiente Moribel además de con Tinto Velasco-*d* y se caracterizaron por una alta concentración de antocianos (mayor % que del resto de compuestos), sin embargo, a pH 3,6 se clasificaron en grupos distintos con mucho menor porcentaje de antocianos. A pH 1 la composición antociánica de Tinto Velasco fue distinta según el régimen hídrico, lo que indicó que potencialmente de esta variedad se podría extraer mayor proporción de delfinidina que de malvidina cuando se cultiva bajo régimen *d*. Sin embargo, a pH 3,6 la composición antociánica de esta variedad fue similar en ambos tratamientos hídricos pero en este caso, aunque la proporción de delfinidina fue alta, el antociano mayoritario fue la malvidina. Las proporciones de petunidina en Tinto Velasco también fueron destacables en ambos pH. Entre todos los grupos, Bobal y Tortozona Tinta mostraron las más altas proporciones de peonidina a pH 1, sin embargo a pH 3,6 no se agruparon juntas y presentaron menor proporción de peonidina.

3.5 Clasificación de combinaciones variedad blanca-régimen hídrico por su composición fenólica

3.5.1 Potencial de extracción (pH 1)

Como se puede observar en la Figura 11, considerando los porcentajes de las diferentes familias de compuestos a pH 1, hubo diferencias entre las variedades, aunque las diferencias entre familias resultaron inapreciables (Fig. 12). Aunque las concentraciones de flavonoles fueron muy pequeñas en todos los casos, Azargón presentó los valores más altos. La variedad minoritaria Maquías se agrupó junto con Riesling y Chardonnay (G4), mostrando por tanto una composición fenólica similar. Este grupo manifestó los porcentajes más altos y más bajos de flavonoles y de ácidos fenólicos, respectivamente. Es destacable que, tanto en G3 como en G4, las variedades que se agruparon lo hicieron en ambos regímenes hídricos.

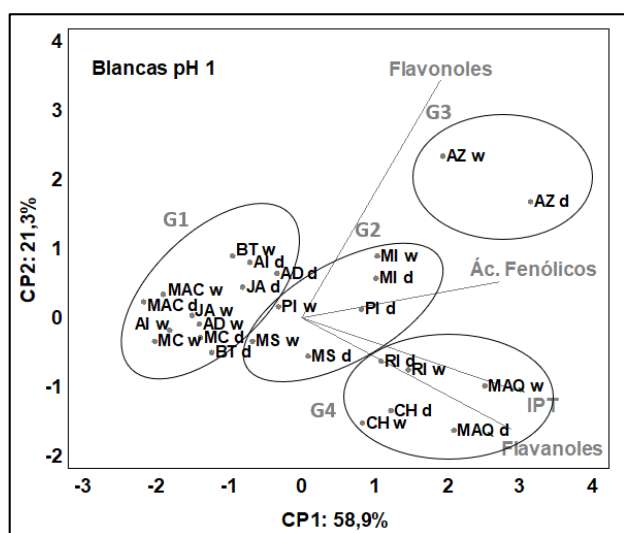


Figura 11. ACP del potencial de extracción de compuestos fenólicos en uvas blancas.

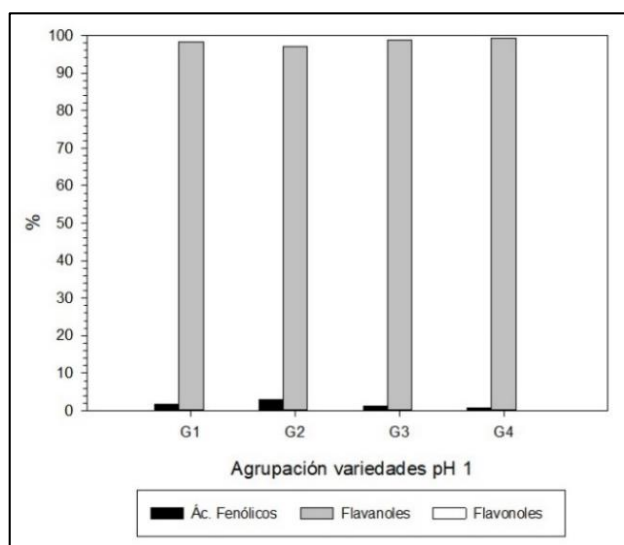


Figura 12. Composición fenólica de los diferentes grupos de variedades blancas a pH 1.

3.5.2 Compuestos fácilmente extraíbles (pH 3,6)

A pH 3,6, de nuevo Azargón (G2) se situó en la parte superior derecha del ACP (Fig. 13), en este caso mostrando el mayor porcentaje de ácidos fenólicos entre los tres grupos identificados (Fig. 14). Las variedades Maquías, Riesling y Chardonnay (G3) se volvieron a agrupar a pH 3,6, mostrando una composición fenólica similar a la presentada a pH 1. El resto de las variedades quedaron reunidas en otro grupo (G1) caracterizado por una composición fenólica intermedia a los grupos G2 y G3.

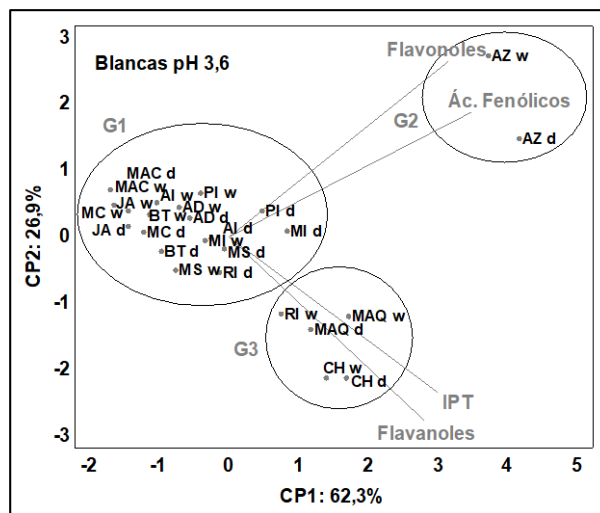


Figura 13. ACP de los compuestos fenólicos fácilmente extraíbles en uvas blancas.

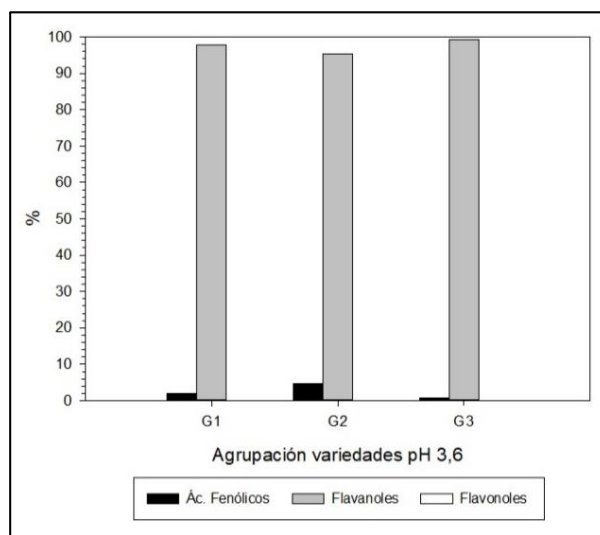


Figura 14. Composición fenólica de los diferentes grupos de variedades blancas a pH 3,6.

3.5.3 Diferencias en el agrupamiento de variedades según los distintos valores de pH en el extracto

No hubo diferencias notables en la extracción de compuestos fenólicos entre combinaciones variedad-régimen hídrico ni entre distintos pH. No obstante, se puede afirmar que independientemente del pH del extracto

en todos los casos se agruparon, por una parte, Maquíás junto con Riesling y Chardonnay y, por otra parte, Azargón de forma independiente.

4 Conclusiones

Las distintas combinaciones variedad-régimen hídrico de uvas tintas se diferenciaron claramente por su composición fenólica. Sin embargo, en variedades blancas no resultó fácil establecer diferencias. En la mayoría de las variedades se extrajeron más compuestos fenólicos a pH 1 que a pH 3,6 pero no en todos los casos el régimen de sequía provocó que se incrementara la concentración de compuestos fenólicos en las uvas. De los resultados obtenidos se infiere que algunas variedades tintas minoritarias como Benedicto, Moravia Agría y Tinto Fragoso, cultivadas en condiciones de baja disponibilidad hídrica pueden presentar una composición fenólica en las uvas similar o incluso más conveniente que otras variedades cuyo cultivo está mucho más extendido como Merlot, Syrah y Tempranillo. Aunque Tinto Velasco se comportó como una variedad con baja concentración de compuestos fenólicos, su peculiar composición antocianica le confiere especial interés (altas concentraciones de delphinidina y petunidina). La variedad blanca minoritaria Maquíás presentó una composición

fenólica similar a la de Chardonnay y Riesling, por lo cual resulta una variedad para tener en cuenta en posteriores estudios. Destacó también Azargón, con altas concentraciones de flavonoles y ácidos fenólicos. El presente estudio ha permitido identificar variedades que, a pesar de estar cultivadas bajo condiciones de estrés hídrico severo, son capaces de mantener producciones con una composición fenólica adecuada. Esta característica las convierte en variedades idóneas que permitan mantener la sostenibilidad del viñedo y la calidad de los vinos, en las condiciones climáticas que se esperan en un futuro próximo.

Referencias

1. J. Ribéreau-Gayon, É. Peynaud, P. Sudraud, *Sciences et techniques du vin: traité d'oenologie. Analyse et contrôle des vins* (Dunod, Paris, 1982)
2. Y. Glories, Conn. Vigne Vin, *La couleur des vins rouges* **18**, 253-271 (1984)
3. C. Cebrián-Tarancón, R. Sánchez-Gómez, J.M. Carot, A. Zalacaín, G.L. Alonso, M.R. Salinas, *Food chemistry, Assessment of vine-shoots in a model wines as enological additives* **288**, 86-95 (2019)