

Estudio plurianual del efecto del régimen hídrico sobre la composición nitrogenada de las variedades blancas Cigüente, Macabeo, Moscatel de Alejandría y Verdejo, cultivadas en diversas regiones de España

M.E. Valdés¹, J. Yuste², A. Montoro³, D. Uriarte¹, D. Moreno¹ y J.R. Castel†⁴

¹Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura, 06071 Badajoz. esperanza.valdes@juntaex.es

²Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León, 47071 Valladolid.

³Instituto Técnico Agronómico Provincial, 02007 Albacete.

⁴Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Moncada 46113 Valencia.

Resumen

Este trabajo analiza el efecto del régimen hídrico y del año sobre el perfil aminoacídico y el amonio de diferentes variedades blancas, conducidas en espaldera, en diferentes zonas vitícolas españolas. Las variedades, la localización y los tratamientos aplicados fueron: Cigüente (Ci) en Badajoz, secano y riego al 100% de ETc; Macabeo (Ma) en Albacete, 25% y 33% aprox de ETc; Moscatel de Alejandría (Mo) en Valencia, 50% y 100% de ETc; y Verdejo (Ve) en Valladolid, secano y 100% aprox. de ETc. En vendimia se analizó la composición aminoacídica y el amonio de la uva mediante HPLC y se calcularon el CTA (Contenido Amínico Total, mgL⁻¹), aminoácidos asimilables (AA, mgL⁻¹) y el YAN (Nitrógeno Fácilmente Asimilable por las levaduras). En Ci, Ma y Ve se hallaron diferencias significativas entre tratamientos para la mayoría de los aminoácidos. Debido a la variabilidad climática interanual observada, en la mayoría de ellos se encontró interacción significativa tratamiento*año, especialmente en Ci y Ma. La variación interanual y el efecto del riego fueron de poca amplitud y significación en Mo, observándose descensos en los valores medios de los aminoácidos individuales y de CTA y YAN en la uva de los tratamientos más regados. En Ma la aplicación de mayor dosis de agua durante el preverano provocó aumentos en la mayoría de los aminoácidos, de mayor amplitud en 2014. En Ci la tendencia, amplitud y significación del efecto tratamiento dependió incluso de la campaña analizada para un determinado aminoácido. El riego en Ve disminuyó la concentración de los aminoácidos presentes en las bayas. Aunque no se ha logrado establecer un grupo de aminoácidos común para todas las variedades que pudieran servir de indicadores del estado hídrico de la cepa, los resultados hallados en Ci y Ve sugieren la existencia de patrones comunes para determinados grupos de variedades cuando los estados hídricos son similares.

Palabras clave: amonio, nitrógeno, riego, YAN.

Abstrac

This work analyses the effect of the water regime and season on the amino acid profile and ammonium of different white varieties, conducted in trellis, in different growing zones. There were the varieties, location and treatments applied: Cigüente (Ci) in Badajoz, rainfed and irrigation 100% ETc; Macabeo (Ma) in Albacete, 25% and 33% approx. ETc; Moscatel de Alejandría (Mo) in Valencia, 50% and 100% ETc; and Verdejo (Ve) in Valladolid, rainfed and 100% approx. ETc. At harvest, grape amino acid and ammonium composition were analyzed by HPLC and the CTA (Total Aminic Content, mgL⁻¹) assimilable amino acids (AA, mgL⁻¹) and YAN (Yeast Assimilable Nitrogen) were calculated as well. In Ci, Ma and Ve, significant differences were found between treatments for most amino acids. The interannual variation and irrigation effect had low

amplitude and significance in Mo, showing a decrease in the individual grape amino acids, CTA and YAN mean values in those irrigated 100 % ETc. In Ma the application of higher doses of water during the pre-verasion induced increases in most amino acids, with the largest amplitude in 2014. In Ci, the trend, amplitude and significance of treatment effect even depends on the season for certain amino acid. Irrigation in Ve decreased the concentration of amino acids present in the berries. Although it has not been possible to establish a group of amino acids common to all the varieties as indicators of vine water status, the results found in Ci and Ve suggest the existence of common patterns for certain groups of varieties when the water states are similar.

Key words: ammonium, nitrogen, irrigation, YAN.

Introducción

Entre las técnicas culturales más ampliamente difundidas en los últimos años, el riego ocupa un lugar primordial. Son numerosos los estudios que analizan sus efectos sobre la composición de la uva tinta, pero el número de trabajos en variedades blancas es mucho menor. Por su importancia como nutrientes de las levaduras durante la fermentación y como precursores de compuestos responsables del aroma del vino, es importante conocer el efecto, a nivel cualitativo y cuantitativo, de las prácticas vitícolas sobre la composición nitrogenada de la uva. El mosto contiene alrededor de 30 aminoácidos y su concentración en la uva depende de factores como la variedad, el patrón, la añada, el grado de madurez y las prácticas culturales (Asensio et al., 2002; Ortega-Heras et al., 2013). Este trabajo analiza el efecto del régimen hídrico y del año sobre el perfil aminoacídico y el amonio de diferentes variedades blancas, conducidas en espaldera, en diferentes zonas vitícolas españolas con similar estado de maduración, evaluado mediante el contenido en sólidos solubles totales.

Materiales y métodos

Descripción de los viñedos

El estudio se realizó en cuatro lugares diferentes de España, con las siguientes variedades: ‘Macabeo’ (Ma, en Barrax, Albacete), ‘Cigüente’ (Ci, sinónimo ‘Doña Blanca’, en Lobón, Badajoz), ‘Moscatel de Alejandría’ (Mo, en Vilamarxant, Valencia) y ‘Verdejo’ (Ve, en Medina del Campo, Valladolid). En Ci, Ve y Mo se efectuó en las campañas 2012-2014 y en Ma, únicamente en 2013 y 2014. Las principales características de viña, suelo y fenología y las condiciones climáticas se presentan en la Tabla 1. En todos los casos, son viñedos conducidos en espaldera, mediante posicionamiento vertical de la vegetación, y sometidos a similares prácticas de cultivo. La poda fue en cordón Royat bilateral en Ci, Mo y Ve y en Guyot en el caso de Ma. En cada localización, la fertilización nitrogenada fue acorde a las prácticas culturales habituales de su zona e idéntica para todos los tratamientos. Los suelos en todos los sitios son de tipo calcáreo, de reacción alcalina y de mediana a alta capacidad de almacenamiento de agua, excepto en Badajoz y Albacete, donde la profundidad del suelo es inferior a 1 m.

Tratamientos de régimen hídrico

En la Tabla 2 aparecen descritos los tratamientos ensayados en las diferentes localizaciones. Las variables climáticas se midieron en estaciones agrometeorológicas automáticas ubicadas en cada parcela experimental o en su vecindad, y con ellas se calculó la evapotranspiración de referencia (ET_0) mediante la ecuación de Penman-Monteith, según Allen et al. (1998). La evapotranspiración del cultivo (ET_c) se calculó como producto de ET_0 y del coeficiente de cultivo (Kc). El riego se aplicó por goteo. La cantidad de agua aplicada se midió mediante contadores volumétricos en cada parcela

elemental. No hubo problemas de salinidad, dadas las características del suelo y la calidad del agua, que era de bajo contenido en sal en las cuatro localizaciones. El estado hídrico de las plantas se evaluó mediante la medida del potencial hídrico de tallo (Ψ_s) con cámara de presión. Las mediciones se realizaron a mediodía (11:30 a 12:30 horas solares) a intervalos semanales o bisemanales entre mayo y octubre. Se utilizaron al menos cuatro plantas por tratamiento y dos hojas por planta. En la Tabla 2 aparecen, junto a los tratamientos ensayados, los valores de Ψ_s medios interanuales registrados en cada uno de los tratamientos para los periodos de preverano, posteverano y toda la temporada, pudiéndose observar el efecto de los diferentes tratamientos. En todos los casos el diseño estadístico fue en bloques al azar.

Determinación del contenido en sólidos solubles y la composición aminoacídica de la uva

El contenido en sólidos solubles se determinó por refractometría. La composición aminoacídica de la uva y la concentración de ión amonio (NH_4^+) de todos los viñedos se llevó a cabo en el INTAEX mediante cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) en un autoanalizador de aminoácidos (Biochrom 30, de Pharmacia) (Valdés et al., 2011). A partir de los valores de los aminoácidos se calculó la concentración total de aminoácidos (Free aminoacid nitrogen FAN, mgL^{-1}) y la de aminoácidos asimilables (AA, mgL^{-1}) restando al FAN el valor correspondiente a la prolina. El valor del nitrógeno asimilable por las levaduras (YAN, mgL^{-1}) se obtuvo sumando al AA la concentración de amonio.

Análisis estadístico

Los datos de cada variedad se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías para evaluar el efecto del régimen hídrico, la campaña y la interacción de ambos factores y a un análisis de componentes principales (ACP). Los análisis estadísticos se han efectuado con el paquete estadístico XLSTAT.

Resultados y discusión

La figura 1 muestra la media interanual de los valores de las concentraciones de aminoácidos hallados en los diferentes regímenes hídricos aplicados en las variedades estudiadas. La respuesta de la composición aminoacídica de las diferentes variedades frente al estrés hídrico es diferente en sentido, significación y amplitud. En Ci y Ma el mejor estado hídrico de las cepas Ci-100R y Ma-R3 provocó en las bayas aumentos en la concentración de la mayoría de los aminoácidos respecto a Ci-S y Ma-R1. Frente a ello, al comparar Ve-S con Ve-R se hallaron descensos en prácticamente todos los aminoácidos. Según los resultados del ANOVA (Tabla 3) los tratamientos provocaron diferencias significativas en las concentraciones medias interanuales de 11 aminoácidos en la uva de Cigüente (Ci), 13 en la de Macabeo (Ma), 6 en la de Moscatel (Mo) y 21 en la de Verdejo (Ve). En todas las variedades, para la mayoría de los aminoácidos se registraron diferencias significativas entre las concentraciones de los diferentes años, lo que refleja la importancia de las condiciones climatológicas de la campaña, que pueden llegar a condicionar el sentido y la amplitud del efecto del tratamiento como indica el hallazgo de interacciones significativas T*A. En este sentido, el menor número de estas interacciones significativas (únicamente en 8 aminoácidos) se halló en Ve. En esta variedad no se encontraron interacciones significativas en FAN, AA y YAN. Estos resultados revelan que, en Ve el estado hídrico modifica la concentración de estos parámetros independientemente del año. Sin embargo, en Ci y en Ma el efecto depende en mayor medida de las circunstancias climatológicas de la campaña en curso y en Mo apenas se observa incidencia.

La figura 2 muestra los resultados gráficos del PCA. En dichos gráficos se proyectan los diferentes tratamientos y los aminoácidos en los que se hallaron diferencias

significativas para Ci, Ma, Mo y Ve consecutivamente. En Ci, Mo y Ve, la primera componente principal F1 permite agrupar las muestras en función de la campaña. En Ci y Ve esta componente explica un 47,20 y un 53,10% de la variabilidad intermuestras. En Mo alcanza el 83,85%, permitiendo diferenciar las muestras de la campaña 2014, caracterizadas por mayores concentraciones de FAN, Gly, Pro, Sarc y Tau, de las procedentes de las otras dos campañas. En lo que respecta a F2, en Ci y Ve los tratamientos se distribuyen de igual forma en los tres años a lo largo de este eje y en ambas variedades de igual manera. Los tratamientos no regados (Ci-S y Ve-S) se agrupan en la parte positiva de este eje y los regados (Ci-100R y Ve-100R) en la negativa, con la excepción de Ve-100R-13, de 2013, de manera que los no regados ocupan posiciones superiores a los regados en todos los casos. En ambas variedades las muestras de secano se caracterizan por concentraciones superiores de Ile y Trp e inferiores de Glu que las regadas. Además, las gráficas también muestran cómo en 2013, las muestras de secano Ci-S-13 y Ve-S-13 ocuparon posiciones más cercanas a las correspondientes regadas (Ci-S-14 y Ve-100R-13) que en las dos restantes campañas. En el 2013, la diferencia entre los valores de Ψ_s fue de menor amplitud que en las restantes campañas, especialmente los correspondientes al período preverano. pues únicamente alcanzaron -0,2 y -0,14 MPa en Ci y Ve frente a -0,52 del 2012 y -0,30 del 2014 hallados Ci y -0,19 y -0,16 en Ve (datos anuales no mostrados). Esta podría ser, entre otras, la razón de la menor intensidad del efecto tratamiento hallada ese año que refleja la figura.

Las muestras Ma-R3-13 y Ma-R3-14 también ocupan en F2 posiciones superiores que las respectivas Ma-R1-13 y Ma-R1-14, pero la distancia intermuestras es muy superior en el 2014, señalando la mayor amplitud del efecto del régimen hídrico dicho año sobre la concentración de aminoácidos y que, al igual que en el caso anterior, se corresponde con una mayor diferencia entre los valores de potencial. Además, en esta variedad el tratamiento R3, Ma-R3, posee una cantidad superior de Ile que Ma-R1, contrariamente a lo observado en Ci y Ve.

Los resultados hallados en este estudio concuerdan con los obtenidos en otros trabajos (Niculcea et al., 2013; Ortega et al., 2013) que muestran la importancia de la campaña y del estado hídrico de la cepa en la composición nitrogenada de la uva. Las circunstancias climatológicas anuales determinan el estado hídrico de la cepa que en gran medida regula la concentración de aminoácidos existentes en su uva. También se confirman resultados previos (Valdés et al., 2014) que indicaron que el sentido y la amplitud de la variación de la composición nitrogenada como respuesta a los diferentes estados hídricos de la cepa, dependen del cultivar. Además, para inducir esa variación es necesario que la diferencia de los valores de Ψ_s alcance un determinado umbral, diferente para cada variedad. Finalmente, aunque no se ha logrado establecer un grupo de aminoácidos común para todas las variedades que pudieran servir de indicadores del estado hídrico de la cepa, los resultados hallados en Ci y Ve sugieren la existencia de patrones comunes para determinados grupos de variedades cuando los estados hídricos son similares.

Conclusiones

Los resultados hallados muestran que, cuando el riego provoca una diferencia de determinada amplitud en los valores de Ψ_s de la cepa, puede llegar a modificar la concentración de los aminoácidos. Además, los resultados hallados en Ci y Ve sugieren que para diferencias de valores de Ψ_s de magnitud similar, la respuesta en la concentración de determinados aminoácidos es también muy parecida.

Agradecimientos

Los resultados forman parte del proyecto RTA2011-00100 “Adecuación agronómica del riego y otras técnicas culturales en variedades blancas tradicionales de vid”. Los autores agradecen a INIA (Instituto Nacional de Investigación Agroalimentaria) y a fondos Feder la financiación del mismo y las ayudas concedidas a través de los grupos de investigación de la Junta de Extremadura, *Nutrición y Riego* AGA001 y *Hortofruenol* AGA002.

Referencias

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. & Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage paper No 56, Rome, Italy.
- Asensio, M. L., Valdés, M.E. & Cabello, F. 2002. Characterisation of some Spanish white grapevine cultivars by morphology and amino acid analysis. *Scientia Horticulturae* 93: 289-299.
- Niculcea, M., Martínez-Lapuente, L., Guadalupe, Z., Sánchez-Díaz, M., Morales, F., Ayestarán, B. & Antolín, M.C. 2013. Effects of water-deficit irrigation on hormonal content and nitrogen compounds in developing berries of *Vitis vinifera*, L. cv. Tempranillo. *Journal of Plant Growth Regulation* 32:551-563.
- Ortega-Heras, M., Pérez-Magariño, S., del Villar–Garrachón, V., González-Huerta, C., Moro, L.C., Guadarrama, A., Villanueva, S., Gallo-González, R. & Martín de la Helguera, S. 2013. Study of the effect of vintage, maturity degree and irrigation on the amino acid and biogenic amine content of white wine from the Verdejo variety. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 94:2073-82.
- Tonietto, J. & A. Cabonneau. 2004. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agric. Forest Meteorol.* 124:81-97.
- Valdés, M. E., Vilanova, M., Sabio, E. & Bernalte, M.J. 2011. Clarifying agents effect on the nitrogen composition in must and wine during fermentation. *Food Chemistry*, 125, 430-437.
- Valdés, M.E., Moreno, D., Vilanova, M., Yuste, J., Montoro, Talaverano, M.I., Gamero, E., Uriarte, D., Mancha, L.A. & Castel, J.R. 2014. Composición nitrogenada de las variedades blancas Airén, Cigüente, Moscatel de Alejandría y Verdejo, cultivadas en España. Incidencia del régimen hídrico. I Jornadas del Grupo de Viticultura de la SECH, Logroño 2014.

Tablas y Figuras

Tabla 1 - Principales características del viñedo de cada variedad.

Parámetro	Cigüente	Macabeo	Moscatel de Alejandría	Verdejo
Coordenadas	38°51'N, 6°40'W	39°03'N, 2°06'W	39°33'N, 0°42'W	42°21'N, 4°56'W
Altitud (m)	200	679	197	785
Patrón	110R	110R	161-49	110R
Año de plantación	2005	1999	1996	2006
Marco (m)	2,95x1,35	3,00x1,5	2,75x1,8	2,6x1,25
Nº Cepas Rep ⁻¹	20-24	20	24-40	20
Nº de repeticiones	4	3	4	4
Textura de suelo	Franco-Arcilloso	Franco-Arcilloso-Arenoso	Franco-Arcilloso	Franco-Arcilloso-Arenoso
Prof. del suelo (m)	1	0,75	>1,5	1
Capacidad de retención de agua (mm m ⁻¹)	130	130	200	120
Tipo de clima (Toniento y Carbonneau, 2004)	Cálido, noches frías, muy seco	Muy cálido, noches muy frías, mod. seco	Cálido, noches templadas, mod. seco	Cálido, noches muy frías, mod. seco
Fecha de desborre	28-mar	01-may	18-abr	21-abr
Fecha de envero	18-jul	15-ago	07-ago	21-ago
Lluvias (1 abril-30 sep) (mm)	79	79	78	81
ETo (1 abril-30 sep)	1026	1013	924	1074

Tabla 2 - Descripción de los regímenes hídricos aplicados en cada ensayo.

Tratamiento	Descripción	ψ tallo (MPa) Toda la temporada	Ψ tallo (MPa) preenvero	Ψ tallo (MPa) postenvero	SST(°Brix)
Ci-S	No regado	-1,19	-0,97	--1,41	21,3
Ci-100R	Riego toda la temporada (100% ETc)	-0,61	-0,61	-0,62	19,2
Ma-R1	Riego en preenvero de 25% ETc y en post-envero de 33% de ETc	-1,02	-1,09	-0,93	20,7
Ma-R3	Riego toda la temporada (33% de Etc)	-0,74	-0,71	-0,76	22,0
Mo-50R	Riego toda la temporada (50% del Mo 100R)	-0,75	-0,71	-0,88	22
Mo-100R	Riego toda la temporada (100% ETc)	-0,68	-0,61	-0,77	21,4
Ve-S	No regado	-1,10	-0,86	-1,49	21,8
Ve-100R	Riego toda la temporada (100% ETc)	-0,77	-0,69	-0,91	21,8

Tabla 3 - Significación estadística del efecto del régimen hídrico (T) y el año (A) en la composición nitrogenada de las variedades Cigüente (Ci), Macabeo (Ma), Moscatel (Mo) y Verdejo (Ve).

Aminoácido	Cigüente			Macabeo			Moscatel			Verdejo		
	T	A	T*A	T	A	T*A	T	A	T*A	T	A	T*A
<i>Ala</i>	**	***	n.S.	*	n.S.	***	n.S.	***	n.S.	n.S.	***	n.S.
<i>Arg</i>	***	***	**	n.S.	***	n.S.	n.S.	***	n.S.	*	n.S.	n.S.
<i>Asn</i>	**	***	*	n.S.	n.S.	**	*	***	n.S.	n.S.	*	n.S.
<i>Asp</i>	*	***	***	n.S.	n.S.	**	n.S.	***	n.S.	***	***	**
<i>B-ala</i>	n.S.	***	n.S.	*	n.S.	**	n.S.	***	***	n.S.	***	n.S.
<i>Citr</i>	n.S.	***	n.S.	*	n.S.	n.S.	n.S.	**	n.S.	**	n.S.	n.S.
<i>Ethan</i>	*	***	n.S.	n.S.	***	*	n.S.	***	*	*	***	*
<i>Gaba</i>	***	***	***	n.S.	*	*	n.S.	***	*	n.S.	***	n.S.
<i>Glu</i>	**	**	n.S.	n.S.	n.S.	*	n.S.	***	n.S.	**	***	*
<i>Gly</i>	n.S.	**	n.S.	n.S.	n.S.	*	*	***	*	*	*	n.S.
<i>His</i>	n.S.	***	n.S.	n.S.	***	n.S.	n.S.	***	n.S.	***	n.S.	n.S.
<i>Hypro</i>	n.S.	***	***	n.S.	**	n.S.	n.S.	***	n.S.	*	***	***
<i>Ile</i>	**	n.S.	n.S.	*	*	n.S.	n.S.	***	n.S.	***	n.S.	n.S.
<i>Leu</i>	n.S.	***	n.S.	**	**	*	n.S.	***	n.S.	***	*	n.S.
<i>Lys</i>	n.S.	n.S.	n.S.	n.S.	***	n.S.	n.S.	***	n.S.	**	n.S.	n.S.
<i>Met</i>	n.S.	***	n.S.	***	***	***	n.S.	n.S.	*	**	**	n.S.
<i>Orn</i>	n.S.	***	***	n.S.	*	n.S.	n.S.	***	n.S.	**	n.S.	n.S.
<i>Pea</i>	n.S.	***	n.S.	n.S.	***	n.S.	n.S.	***	n.S.	**	***	**
<i>Phe</i>	***	***	n.S.	**	***	n.S.	n.S.	***	n.S.	**	n.S.	n.S.
<i>Phser</i>	n.S.	***	*	*	***	***	n.S.	***	n.S.	n.S.	*	n.S.
<i>Pro</i>	*	***	*	n.S.	*	*	*	**	*	*	n.S.	**
<i>Sarc</i>	n.S.	***	**	*	n.S.	n.S.	*	***	***	n.S.	n.S.	n.S.
<i>Ser</i>	n.S.	***	n.S.	*	***	***	n.S.	***	n.S.	n.S.	***	n.S.
<i>Taur</i>	n.S.	***	n.S.	n.S.	***	***	*	***	***	*	***	***
<i>Thr</i>	n.S.	***	**	*	***	***	n.S.	***	n.S.	*	***	n.S.
<i>Trp</i>	***	n.S.	n.S.	n.S.	***	n.S.	n.S.	***	n.S.	***	*	*
<i>Tyr</i>	n.S.	***	n.S.	*	*	*	*	***	*	*	***	*
<i>Val</i>	n.S.	***	n.S.	*	***	**	n.S.	***	n.S.	**	*	n.S.
<i>Amm</i>	n.S.	***	***	*	***	***	n.S.	***	n.S.	n.S.	***	n.S.
<i>AA</i>	**	***	**	*	***	*	n.S.	***	n.S.	*	***	n.S.
<i>FAN</i>	n.S.	***	n.S.	*	***	***	*	***	*	*	*	n.S.
<i>YAN</i>	**	***	**	*	***	*	n.S.	***	n.S.	n.S.	***	n.S.

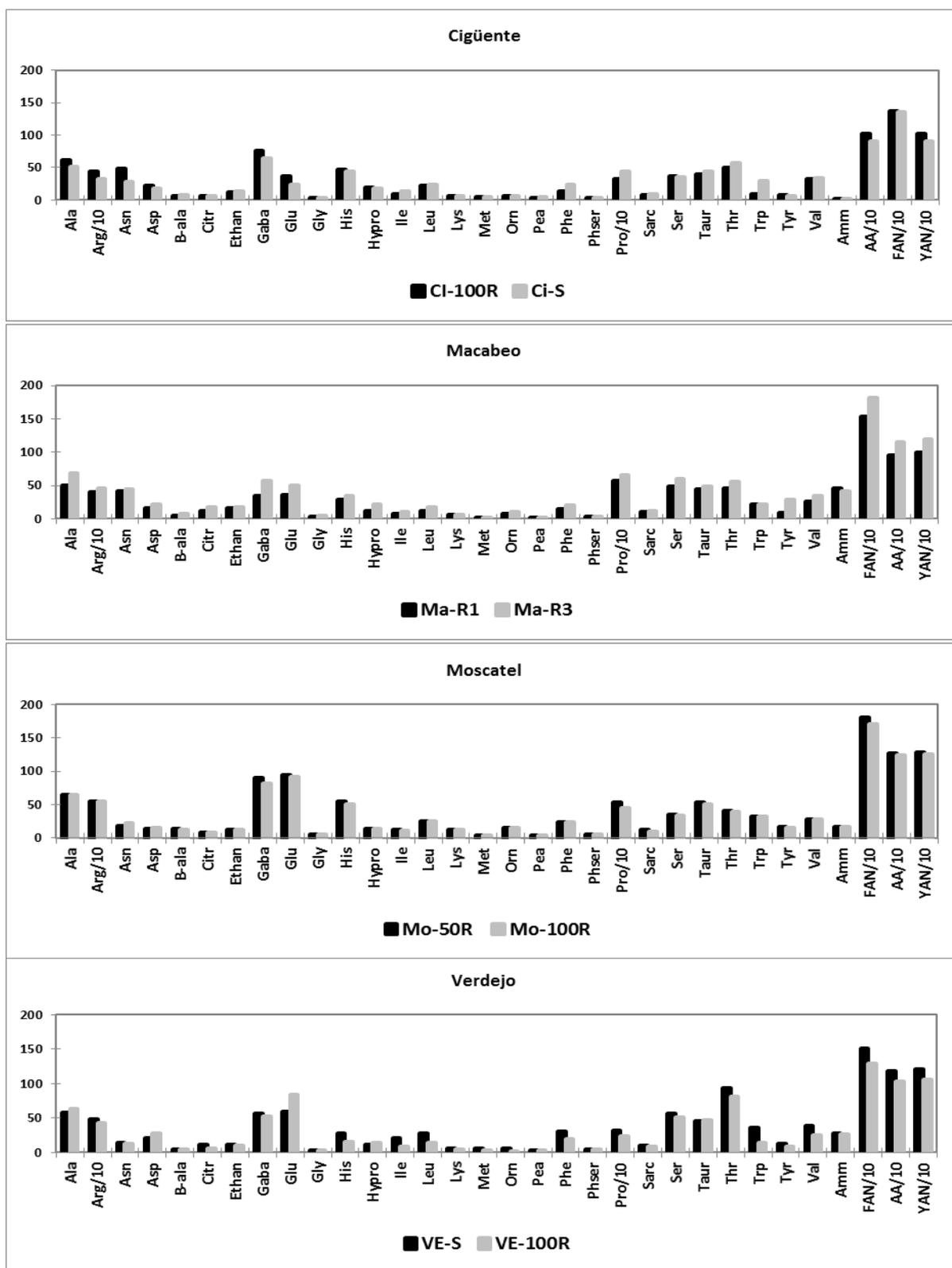


Figura 1 - Composición nitrogenada (media interanual) de las bayas procedentes de diferentes regímenes hídricos en las variedades Cigüente (Ci), Macabeo (Ma), Moscatel de Alejandría (Mo) y Verdejo (Ve).

La descripción de los tratamientos figura en la Tabla 2.

Para una misma variedad y aminoácido, *, ** y *** indican diferencias estadísticamente significativas para $p < 0,05$, $0,01$ y $0,001$,

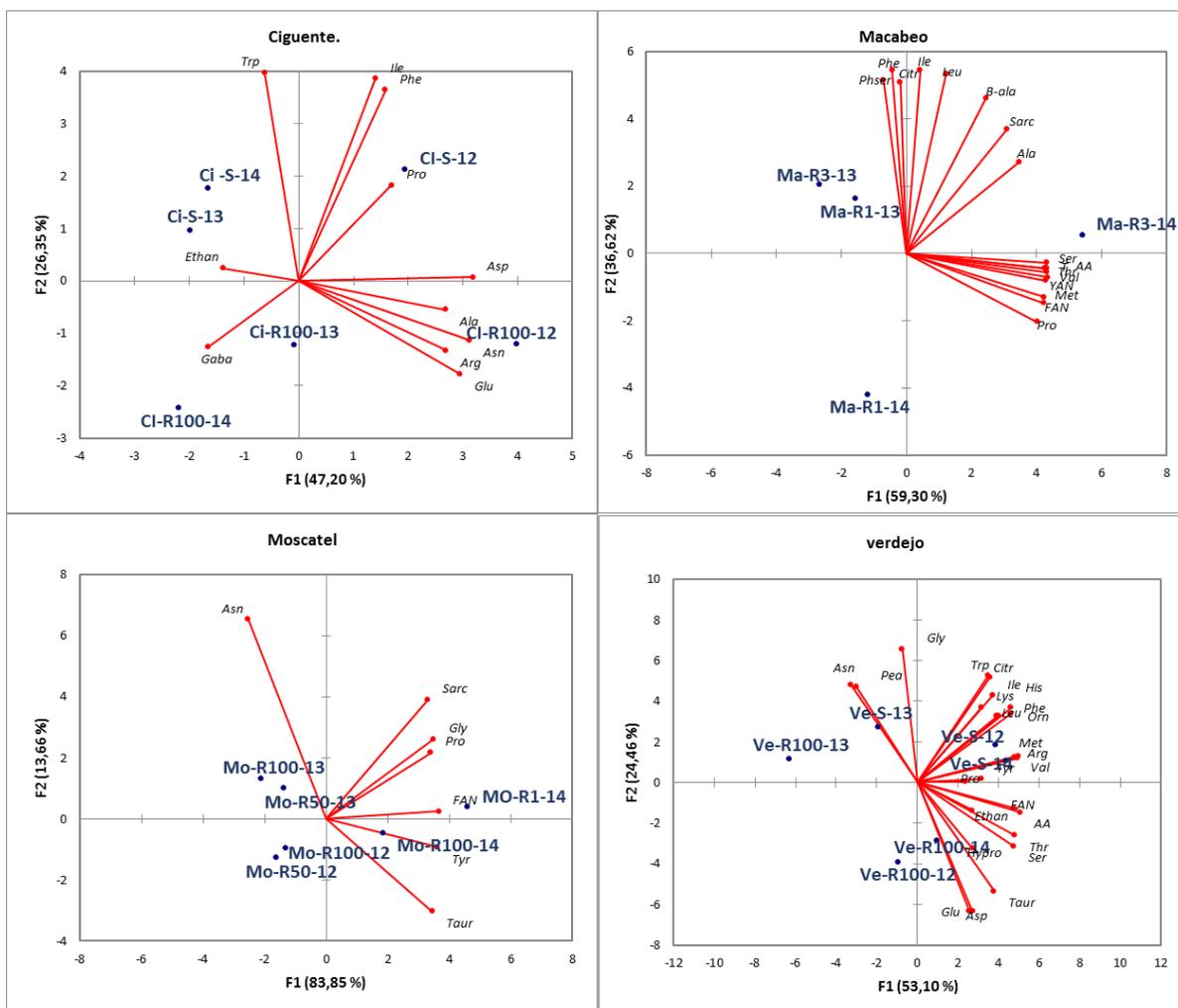


Figura 2 - Análisis de componentes principales (ACP) de aminoácidos en uva procedente de cepas sometidas a diferentes regimenes hídricos, en las distintas variedades.

La descripción de los tratamientos figura en la Tabla 2,