

Composición aminoacídica del mosto de los cv. Cigüente, Macabeo, Moscatel de Alejandría y Verdejo cultivados en diversas regiones de España. Efecto del régimen hídrico a lo largo de tres campañas

M.E. Valdés^{1*}, D. Moreno¹, D. Uriarte¹, A. Montoro², J.R. Castel³ y J. Yuste⁴

¹Instituto Tecnológico Agroalimentario de Extremadura (CICYTEX), 06071 Badajoz (Spain)

²Instituto Técnico Agronómico Provincial, 02007 Albacete (Spain)

³Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Moncada 46113 Valencia (Spain)

⁴Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León, 47071 Valladolid (Spain)

Resumen. Este trabajo analiza el efecto del riego sobre la composición aminoacídica del mosto de 4 variedades blancas cultivadas en diferentes DD.OO. españolas durante el periodo 2012-2014. Se estudió la concentración de aminoácidos precursores de aromas de fermentación: Aspártico (Asp), Isoleucina (Ile), Leucina (Leu), Treonina (Thr), Tirosina (Tyr) y Valina (Val), y la suma de ellos (APN), del aminoácido azufrado Metionina (Met) y del total de aminoácidos libres (FAN). Las variedades, su localización y los tratamientos aplicados fueron: Cigüente (Ci) en Badajoz, secano y riego al 100% de ETc; Macabeo (Ma) en Albacete, riego a 25% y 33% aprox. de ETc; Moscatel de Alejandría (Mo) en Valencia, riego a 50% y 100% de ETc; y Verdejo (Ve) en Valladolid, secano y riego a 100% aprox. de ETc. El mosto analizado tenía un valor de 22-24 °Brix. Los análisis de aminoácidos se efectuaron mediante HPLC. Los tratamientos hídricos aplicados modificaron los valores de los aminoácidos en tendencia, significación y extensión según la variedad. En Mo apenas variaron. En Ci y, sobre todo, en Ma el efecto en amplitud y significación dependió del año. En Ve el riego provocó todos los años del estudio idéntica tendencia al descenso en los valores de los aminoácidos. Por tanto, la respuesta de la composición nitrogenada del mosto al régimen hídrico y las condiciones meteorológicas anuales fue diferente en cada variedad cultivada en diferente lugar.

1 Introducción y objetivos

El viñedo español está mayoritariamente localizado en zonas de clima árido y semiárido. Este hecho, unido a la situación climatológica actual, hace que el riego sea una práctica vitícola cada vez más usual. La cantidad de agua aplicada y el momento de aplicación determinan la composición físico química de la uva y, por tanto, las características del vino elaborado [1] [2]. Además, su efecto también depende en gran medida de la interacción de esta técnica con otros factores, entre los que destacan el cultivar y la situación edafoclimática en la que se encuentre el viñedo, así como el nivel de carga y el equilibrio vegetativo-productivo de las vides, esto es, del denominado efecto “terroir” [3] [4] [5]. Existe una amplia bibliografía en relación con el efecto del estado hídrico de la cepa en variedades tintas [6] [7]. Sin embargo, la información disponible sobre el impacto del riego en variedades blancas es aún escasa. Debido al creciente consumo de vino blanco, el riego se está comenzando a implantar en variedades blancas en la mayoría de zonas vitícolas españolas, siendo necesario el estudio de sus efectos en las variedades típicas y más extendidas en cada zona.

En cuanto a los metabolitos primarios del mosto, la cantidad y la distribución de aminoácidos tienen una importancia primordial. En lo referente a la cantidad global, porque es necesario un nivel mínimo del conjunto de todos ellos, excepto de la prolina (Pro), para el

desarrollo y la finalización completa de la fermentación alcohólica. En cuanto a la distribución, porque determinados aminoácidos son precursores de sustancias volátiles, alcoholes, ésteres y aldehídos, que se forman durante dicho proceso y que son responsables del aroma del vino y, por tanto, de su calidad organoléptica [8]. Frente a éstos, los aminoácidos azufrados, cistina, cisteína y metionina, son precursores de sustancias que causan mal olor y, por tanto, devalúan la calidad sensorial [9]. La distribución y la cantidad de aminoácidos de un mosto varía en función del cultivar, las condiciones edafoclimáticas, las técnicas de cultivo e incluso con el estado de maduración de la baya [10] [11]. En vista de todo lo anterior, es imprescindible determinar la respuesta, en cuanto a composición aminoacídica de las diferentes variedades en sus diferentes terroirs y conocer el efecto que las prácticas agronómicas tienen en dicha composición.

El objetivo de este trabajo es doble: analizar la composición aminoacídica del mosto procedente de variedades blancas cultivadas en diferentes zonas vitícolas españolas e investigar la variación de dicha composición en función del régimen hídrico y de la campaña. El estudio se ha efectuado en mostos que presentan similar concentración de azúcares, pues se trata de observar la incidencia del estado hídrico en la composición amínica de mostos que producirían vinos de similar grado alcohólico.

2 Materiales y métodos

2.1 Características de los viñedos

El experimento se realizó durante las campañas 2012 a 2014 en tres zonas vitícolas de España, con las siguientes variedades: “Cigüente” (Ci, sinónimo Doña Blanca, en Lobón, Badajoz), “Moscatel de Alejandría” (Mo, en Vilamarxant, Valencia), y Verdejo (Ve, en Medina del Campo, Valladolid) y en 2013-2014 con la variedad “Macabeo” (Ma en Albacete). En la tabla 1 se muestran las principales características edafoclimatológicas de los viñedos y los respectivos climas vitícolas [12].

En todos los casos, se trata de viñedos conducidos en espaldera, mediante posicionamiento vertical de la vegetación, podados en cordon Royat biltateral y sometidos a similares prácticas de cultivo. Los suelos, en todos los casos, son de tipo calcáreo, de reacción alcalina y de mediana a alta capacidad de almacenamiento de agua en general.

Tabla 1. Características de los viñedos en las diferentes localizaciones.

	Cigüente	Macabeo	Moscatel	Verdejo
Coordenadas	38°03'N, 2°06'W	39°14' N, 2°5' W,	39°33'N, 0°42'W	42°21'N, 4°56'W
Altitud, m	200	695 m	197	785
Patrón	110R	110R	161-49	110R
Año de plantación	2005	1999	1996	2006
Marco, m	2,95 x 1,35	3,00 X 1,5	2,75 x 1,8	2,6 x 1,25
Nº de cepas/repetición	20	18	24	20
Nº de repeticiones	4	3	4	4
Textura del suelo	Franco Arcilloso	Franco-Arcilloso-Arenoso	Franco Arcilloso	Franco-Arcilloso-Arenoso
Profundidad del suelo, m	0,75	0,5-1,0	>1,5	>1
Capacidad de retención de agua, mm/m	130	130	200	120
Clima vitícola	Cálido, noches frías	Muy cálido, noches muy frías	Cálido, noches templadas	Cálido, noches muy frías
	Muy seco	Mod. Seco	Mod. seco	Mod. Seco

2.2 Tratamientos de riego y diseños experimentales

En la Tabla 2 aparecen descritos los tratamientos ensayados en las diferentes localizaciones. Las variables climáticas se midieron en estaciones meteorológicas automáticas ubicadas en cada parcela experimental o en su vecindad, y con ellas se calculó la evapotranspiración de referencia (ET_o) mediante la ecuación de Penman-Monteith, [13]. La evapotranspiración del cultivo (ET_c) se estimó como producto de ET_o y del coeficiente de cultivo (K_c). El riego se aplicó a lo largo del ciclo vegetativo en función de la ET_c calculada.

El riego se aplicó por goteo con 1-2 emisores auto-compensados por cepa. No hubo problemas de salinidad, dadas las características del suelo y la calidad del agua, que era de relativamente bajo contenido en sal en todos los sitios. El estado hídrico de las plantas se evaluó mediante la medida del potencial hídrico de tallo (Ψ) con cámara de presión [14] [15]. Las mediciones se realizaron a mediodía (11:30 a 12:30 horas solares) a intervalos semanales o quincenales entre Mayo y Octubre, sobre 1-2 hojas por planta en al menos 6 plantas por tratamiento.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos aplicados.

Variedad	Tratamiento	Descripción
Cigüente	Ci-S	No regado
	Ci-100R	Riego al 100 % de la ET _c potencial
Macabeo	Ma-25R	Riego al 25% de la ET _c potencial
	Ma-33R	Riego al 33% de la ET _c potencial
Moscatel	Mo-50R	Riego al 50% de la ET _c potencial
	Mo-100R	Riego al 100% de la Etc potencial
Verdejo	Ve-S	No regado
	Ve-100R	Riego al 100% de la Etc potencial

2.3 Metodología analítica

El contenido en sólidos solubles se determinó por refractometría (refractómetro digital ATR ST plus Schmidt+Haznsch, Berlin, Germany). El mosto de todos los tratamientos de cada variedad presentó, en el momento del análisis, un valor de Sólidos Solubles Totales de 22 ± 2 °Brix. El análisis de la composición aminoacídica de la uva de todas las variedades se llevó a cabo en el INTAEX según Valdés et al. [16]. Se efectuó mediante HPLC en un autoanizador de aminoácidos (Biochrom 30, Pharmacia) empleando una columna intercambiadora de cationes. Como eluyentes se emplearon tampones de citrato de litio de diferente pH. Una vez separados, los aminoácidos reaccionan con ninhidrina y se detectan por espectrofotometría a 570 nm, excepto la prolina (Pro), que se detecta a 440 nm. La cuantificación se efectuó mediante calibración externa, empleando una recta de calibrado para cada aminoácido. A partir de las concentraciones de todos los aminoácidos se evaluó el valor de la concentración total de aminoácidos libres (*Free Aminoacids Nitrogen*, FAN) y de aminoácidos asimilables por las levaduras (*Aminoacid Assimilable Nitrogen*, AAA-N), restándole a FAN el valor de Pro. El cálculo de la concentración total de aminoácidos precursores de aromas de fermentación (*Precursors Aminoacid Nitrogen*) se efectuó como sumatorio de los aminoácidos Aspártico (Asp), Isoleucina (Ile), Leucina (Leu), Fenilalanina (Phe), Treonina (Thr), Tirosina (Tyr) y Valina (Val).

Análisis estadístico

En cada variedad, para determinar el efecto del régimen hídrico cada año, los datos se sometieron a un test de Student. Para establecer la significación del efecto año, en cada variedad y régimen hídrico se efectuó un ANOVA y el posterior test de separación de medias. La significación del factor variedad, se determinó mediante un ANOVA y el posterior test de medias al que se sometieron los datos procedentes de todos los tratamientos y años de todas las variedades. Con los datos medios procedentes de todos los tratamientos y años se realizó un ANOVA y el posterior test de medias y un análisis de componentes principales (ACP). El análisis estadístico fue ejecutado mediante el software informático XLstat-Pro (Addinsoft, París 2011).

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Estado hídrico de las cepas

La tabla 3 muestra las lluvias registradas durante los años del estudio y el estado hídrico de las cepas, a través del potencial hídrico de tallo de los diferentes tratamientos en las diferentes localizaciones.

Los datos expuestos en la tabla 3 muestran que la campaña 2013 fue la más lluviosa en todas las zonas vitícolas y que la más seca fue la 2012 en Ci y Ve y la 2014 en Mo. Respecto a Ma, las dos campañas en estudio, (2013 y 2014) fueron climatológicamente muy diferentes, mucho más húmeda la de 2013.

Tabla 3. Precipitaciones anuales, agua de riego aportada y estado hídrico (potencial de tallo) de las cepas durante el período vegetativo de las diferentes campañas

Variedad	Precipitaciones anuales registradas (mm)		
	Año		
	2012	2013	2014
Cigüente	268	585	514
Macabeo		480	187
Moscatel	280	352	197
Verdejo	122	407	329
Tratamiento	Agua aportada (mm)		
	Año		
	2012	2013	2014
Ci-S	0,00	0,00	0,00
Ci-100R	356,46	359,77	294,27
Ma-25R		70,00	123,61
Ma-33R		84,00	151,61
Mo-50R	156,05	120,00	131,09
Mo-100R	280,64	233,82	261,32
Ve-S	0,00	0,00	0,00
Ve-100R	250,71	208,28	216,05
Tratamiento	Ψ tallo medio periodo vegetativo (MPa)		
	Año		
	2012	2013	2014
Ci-S	-1,29	-1,18	-1,09
Ci-100R	-0,56	-0,62	-0,65
Ma-25R		-0,88	-1,20
Ma-33R		-0,61	-0,90
Mo-50R	-0,81	-0,69	-0,75
Mo-100R	-0,78	-0,61	-0,66
Ve-S	-1,18	-1,00	-1,07
Ve-100R	-0,77	-0,73	-0,81

En general, el riego disminuyó el estrés hídrico de las cepas de todas las variedades (valores de Ψ menos negativos). La reducción dependió en gran medida de la variedad considerada y para cada una de ellas, de la campaña considerada. Según los datos mostrados en la tabla 3, durante las tres campañas del estudio las cepas Ci-S y las Ve-S mostraron un grado de estrés [17] catalogado como *moderado a fuerte*, y el de las Ci-100R

y Ve-100R fue *leve* según. La aplicación de riego en Mo fue la que menor efecto provocó en el estado hídrico de las cepas que mantuvieron siempre un grado de estrés clasificado como *leve a moderado*. Finalmente, en Ma la situación fue muy diferente en cada una de las dos campañas analizadas: en 2013 el grado de estrés de las Ma-25R y las Ma-33R fue *moderado a fuerte* y *leve a moderado* respectivamente; sin embargo, en 2014 las cepas Ma-25R sufrieron un estrés *severo* y las Ma-33R *fuerte a severo*.

3.2 Composición aminoacídica del mosto

3.2.1. Caracterización varietal

La tabla 4 muestra los valores medios interanuales de los aminoácidos analizados y del PAN, FAN y AAA-N de los de las variedades en estudio

De entre los aminoácidos precursores aromáticos Thr y Va, fueron en este orden, los que alcanzaron los mayores valores medios interanuales en todas las variedades estudiadas. Frente a ellos, Met fue el de menor concentración en todas ellas.

En todas las variedades, los valores medios de AAA-N se hallan en los intervalos normales para este parámetro. En todos los casos, la concentración es suficiente para asegurar una buena marcha de la fermentación alcohólica y una correcta finalización de la misma. La variedad más rica en aminoácidos fue Mo, cuyos valores medios de FAN fue superior a los del resto de variedades. Los mostos Ci presentaron los valores más bajos de este parámetro debido, entre otras causas, a los altos valores de Prolina, aminoácido no asimilable por las levaduras, hallados en esta variedad (valores no mostrados).

Tabla 4. Composición aminoacídica media interanual (2012-2014) de las variedades Cigüente, Macabeo, Moscatel y Verdejo.

Aminoácidos (mg/L)	Cigüente	Macabeo	Moscatel	Verdejo
Asp	20,04a ¹	18,67ab	14,67b	24,68a
Ile	11,56b	8,59b	11,86ab	15,17a
Leu	22,87a	14,65b	25,19a	20,68a
Phe	19,23bc	17,46c	23,73ab	25,12a
Thr	53,33b	50,97b	39,71c	87,39a
Tyr	7,34c	19,04a	16,35ab	10,68bc
Val	33,01a	29,88a	28,43a	32,59a
Met	4,65a	1,59b	4,41a	4,28a
Parámetros aminoacídicos (mg/L)				
PAN	167,39b	159,27b	159,94b	216,32a
FAN	1366,22b	1638,91a	1756,67a	1373,47b
AAA-N	983,03b	1029,59b	1263,91a	1094,94b

¹Para un mismo aminoácido o parámetro, letras diferentes indican diferencias entre variedades (p<0,05)

En Ve se registraron los mayores valores medios interanuales de Asp, Ile, Phe y especialmente Thr. Estos aminoácidos son importantes precursores de aromas de fermentación [18]. En consecuencia, el valor medio de PAN fue superior a las restantes. El valor medio del PAN

representa en esta variedad un 16% del FAN, superior al 12%, 10% y 9% en Ci, Ma y Mo. De estos resultados aquí expuestos puede deducirse que en función de su composición aminoácida, Ve es la variedad con el potencial de aromas de fermentación más elevado de entre las analizadas.

3.2.2. Efecto de la campaña y del régimen hídrico

La tabla 5 muestra el efecto del año, el régimen hídrico y la interacción de ambos factores en la concentración de aminoácidos y en ambos parámetros analizados. En todas las variedades, y en ambos regímenes hídricos establecidos en cada una de ellas, la mayoría de aminoácidos y parámetros analizados, se vieron afectados de forma significativa por el factor año. Similares resultados hallaron Vilanova et al. en la variedad Mencía cultivada en diferentes zonas de la Ribeira Sacra (España) [19].

En la variedad Cigüente, los mayores valores de sustancias nitrogenadas se observaron en ambos regímenes hídricos, en el año más seco, el 2012, y en consecuencia el valor de FAN de ese año fue significativamente superior al de las otras dos. También en los dos tratamientos aplicados en Mo, las mayores concentraciones de aminoácidos también se registraron en la campaña más seca, que en esa localización fue la 2014. Recíprocamente, en Ve los valores más pequeños correspondieron al 2013 que fue la campaña más húmeda.

La amplitud y la significación del efecto de la campaña efecto fueron superiores a los del régimen hídrico, conclusión a la que también llegaron los estudios de Ortega et al. realizados en la variedad Verdejo en la D.O. Rueda, así como Bouzas et al. en el cultivar Albariño procedentes de Rías Baixas y Ribeiro [20] [21]. Hay que destacar que la variación debida a la campaña fue muy similar en cuanto a significación y extensión en los dos regímenes hídricos impuestos en cada variedad, de manera que, mediante la aplicación de agua en el caso de Ci y Ve o la aplicación de agua en mayor cantidad en los casos de Mo y Ma, no se evitaron las variaciones debidas al efecto campaña. Además, se observó interacción significativa tratamiento*año en un número variable de aminoácidos y parámetros según la variedad: 5 en Ci, 2 en Mo, 2 en Ve y en todos excepto Ile en Ma, variedad en la que el efecto del riego sobre la concentración de las sustancias nitrogenadas varió en función del año considerado.

En ninguna de las campañas en estudio de Ci, la aplicación de riego (Ci-S vs Ci-100R) modificó significativamente la concentración total de aminoácidos libres (FAN). En cambio, sí tuvo efecto sobre la de algunos aminoácidos, en concreto los valores de Phe de Ci-100R son menores que los de Ci-S en las tres campañas. Este resultado puede tener una repercusión negativa en el aroma de los vinos ya que este aminoácido es precursor del 2-fenil etanol, sustancia formada durante la fermentación alcohólica que aporta aroma a rosa a los vinos. En la campaña 2014, se observó un descenso generalizado en los valores de los aminoácidos mostrados en la tabla 4, que provocó una disminución del valor del

PAN que del 15% en Ci-S pasó a suponer únicamente un 10% en Ci-100R. Únicamente en esta campaña, a diferencia de las otras dos anteriores, el valor de Asp en Ci-100R fue menor ($p<0,05$) que en Ci-S.

La respuesta a la aplicación de una mayor cantidad de agua de riego en la variedad Macabeo (Ma-25R vs Ma-33R) sobre la concentración de las sustancias en estudio, fue muy diferente en los dos años analizados. El primer año de la aplicación del riego no se observó ningún cambio significativo, en tanto que, en 2014, año más seco y en el que la aplicación de agua en Ma-33R fue superior al año anterior, se registró un aumento significativo de todos los aminoácidos y en consecuencia de los parámetros nitrogenados.

En la variedad Mo el estado hídrico de la cepa en las campañas 2012 y 2013 no tuvo repercusión en las concentraciones individualizadas de ninguno de los aminoácidos analizados. En 2014, en Mo-100R respecto de Mo-50R, excepto en Asp, se hallaron descensos generalizados, de escasa amplitud en todos los casos, en los valores de todos los aminoácidos que fueron significativos en Phe, Thr. Estos descensos provocaron un descenso significativo del 8% del PAN. También se registraron disminuciones ($p<0,05$) del 7% de AAA-N y del 13% del FAN.

Finalmente, en la variedad Ve, la aplicación de agua (Ve-S vs Ve-100R) provocó en las tres campañas una similar tendencia al descenso en los valores de prácticamente todos los aminoácidos, excepto de Asp. En el año 2012, se hallaron disminuciones significativas de Ile, Leu, Phe, en 2013 de Ile, Leu, Thr, y Val, y en el 2014 únicamente de Ile. Estos resultados coinciden parcialmente con los de Ortega et al. [19]. En sus investigaciones, al igual que en este trabajo, el riego provocó descensos de los valores de Thr, Sin embargo, a diferencia de los resultados hallados en este trabajo, estos investigadores hallaron que, en uvas maduras, el riego en esta variedad provocó un aumento de la concentración de aminoácidos. Por otra parte, es interesante destacar que el sentido de la variación provocada por el riego dependió en gran medida de la madurez de las uvas. A este respecto hay que señalar que, en este estudio, el análisis se ha efectuado siempre en uvas maduras.

De lo anterior podría deducirse que la respuesta de la composición nitrogenada al estado hídrico de la cepa es diferente para cada cultivar en su medio tradicional. En algunas variedades, la repuesta es independiente de la climatología anual (Mo y Ve), frente a otras en la que respuesta dependió de ese factor (Ci y Ma). Centrándonos en estas últimas, en el caso de Ci, la respuesta tuvo siempre igual sentido pero diferente amplitud y en el caso de esta última varió en amplitud y signo.

Tabla 5. Efecto de la campaña y el tratamiento en la composición aminoacídica del mosto de las variedades Cigüente, Macabeo, Moscatel y Verdejo.

Aminoácidos (mg/L)	Año	Cigüente			Macabeo			Moscatel			Verdejo		
		CiS	Ci100R	Tr ^{año} ³	Ma25R	Ma33R	Tr ^{año}	Mo50R	Mo100R	Tr ^{año}	VeS	VeR	Tr ^{año}
Asp	2012	25,54a ¹	40,76a ^{***2}	**			***	16,53a	16,82a	ns	28,66a	39,62a ^{***}	*
	2013	13,55b	18,59b*		23,00	16,23		15,52a	15,56a		12,96c	11,00b	
	2014	14,06b	7,75c ^{***}		10,74	25,20 ^{4***}		11,37b	12,24b		22,71b	33,15a*	
Ile	2012	16,93	11,46a	ns			*	8,06c	8,84b	ns	29,75	9,73*	ns
	2013	10,88	10,27a		9,34	10,40		12,91b	12,28a		14,31	8,79 ^{***}	
	2014	14,02	5,83b*		5,80	9,46 ^{**}		15,20a	13,85a		19,98	8,48*	
Leu	2012	29,31	30,88a	ns			***	17,50c	19,94b	ns	38,36a	16,83a*	ns
	2013	20,79	20,16b		16,25	16,94		27,32b	26,28a		19,36b	10,99b ^{***}	
	2014	21,78	14,31c*		9,20	17,19 ^{4***}		31,21a	28,85a		24,63ab	13,92ab	
Phe	2012	30,32a	21,66a*	*			***	17,11c	18,32c	ns	35,69a	18,71*	ns
	2013	16,26b	12,99b*		25,08	22,86		25,18b	23,38b		22,67a	16,72	
	2014	26,19ab	7,96c*		6,85	18,32 ^{4***}		30,36a	28,01a*		35,43a	21,49	
Thr	2012	76,49a	66,70a	**			***	33,80a	35,94b	ns	95,78ab	95,99	ns
	2013	34,45c	43,44b		46,70	34,11		32,27b	30,59c		78,53b	52,11 ^{***}	
	2014	58,34b	40,55b*		46,35	71,43 ^{4***}		55,48a	50,16a*		105,88a	96,03	
Tyr	2012	5,38b	5,48	ns			***	10,72b	11,31b	*	7,47b	7,43b	*
	2013	4,72b	5,22		4,38	4,66		9,11b	7,97c		8,17b	6,96b	
	2014	11,09a	12,17*		13,30	46,56 ^{**}		31,77a	27,19a		21,54a	12,53a	
Val	2012	40,07a	42,18a	ns			***	22,14c	23,99b	ns	48,61a	29,69a	ns
	2013	27,28b	26,33b		23,57	21,49		25,76b	25,01b		25,68b	18,05b ^{**}	
	2014	34,81ab	27,41b*		27,64	43,14 ^{4***}		38,17a	35,51a		44,11ab	29,40a	
Met	2012	9,68a	7,75a	ns			***	4,21b	4,62	ns	7,85	4,31	ns
	2013	2,82b	4,13b		nd	nd		4,49ab	4,42		3,09	0,85	
	2014	2,64b	0,86c*		nd	nd		4,69a	4,02		6,63	2,94	
Parámetros aminoacídicos													
PAN	2012	224,04a	219,12a	*			***	125,95c	135,16b	ns	284,33a	218,01a	ns
	2013	127,94b	137,01b		148,32	126,68		148,09b	141,08b		181,68b	124,63b	
	2014	180,29ab	115,98b*		119,88	231,31 ^{4***}		213,56a	195,81a*		274,28ab	215,01a	
AAA-N	2012	1185,89a	1291,31a	**			***	1105,90b	1153,18b	ns	1207,54ab	1062,10a	ns
	2013	618,07b	922,05b ^{***}		866,55	870,00		1093,87b	1061,84b		963,34b	756,29b	
	2014	958,98a	921,86b		971,46	1329,69 ^{4***}		1643,14a	1525,48a*		1333,29a	1247,11a	
FAN	2012	1732,62a	1798,95a	ns			***	1515,97b	1600,71b	*	1434,48	1351,66a	ns
	2013	1147,68b	1132,35b		1330,25	1127,61		1581,86b	1488,10b		1330,76	910,71b	
	2014	1208,01b	1177,73b		1616,49	2276,29 ^{4***}		2330,81a	2022,57a ^{**}		1678,61	1534,61a	

¹ Diferentes letras para un mismo aminoácido y tratamiento indican diferencias significativas entre distintas campañas (p<0,05).
² *, ** y *** indican para un determinado aminoácido y campaña, diferencias significativas (p<0,05, p<0,01 y p<0,001) debidas al tratamiento.
³ *, ** y *** indican interacción significativa tratamiento x año (p<0,05, 0,01 y 0,001 respectivamente).
⁴ *, ** y *** en un mismo aminoácido y tratamiento en la variedad Macabeo, indican diferencias significativas (p<0,05, p<0,01 y p<0,001) entre las dos campañas analizadas.

Con el objetivo de facilitar la interpretación de los resultados correspondientes a la incidencia de los diferentes tratamientos en la composición aminoacídica interanual de los mostos, se sometieron los valores medios interanuales de cada tratamiento de Ci, Mo y Ve a un análisis de componentes principales. La razón de no incluir Ma se debe a que únicamente se dispone de dos años de esta variedad, y el comportamiento fue de diferente signo en cada uno de ellos. La figura 1 muestra los resultados de la aplicación del Análisis de Componentes Principales (PCA). El componente principal F1, que explica el 45,46% de la varianza total, permite diferenciar los tratamientos VeS y CiS de Ve100R y Ci100R respectivamente. Los primeros están situados a la derecha del eje de modo que poseen mayores valores de Ile, Met, Phe y PAN. Sin embargo, los valores de estos aminoácidos apenas diferencian Mo-50R de Mo-100R.

La componente principal F2, asociada principalmente a los valores de Thr en el eje positivo y a FAN en el negativo, permite diferenciar las muestras procedentes de los tratamientos con mejor estado hídrico procedentes de las diferentes variedades en función de los valores de Thr, Asp, FAN y AAA-N, de manera que las muestras con mayores valores de Thr son las Ve-100R, mientras que las de Mo-50R son las de mayor FAN. También este eje permite constatar la poca diferencia existente entre la composición de las muestras M-100R y la de las M-50R.

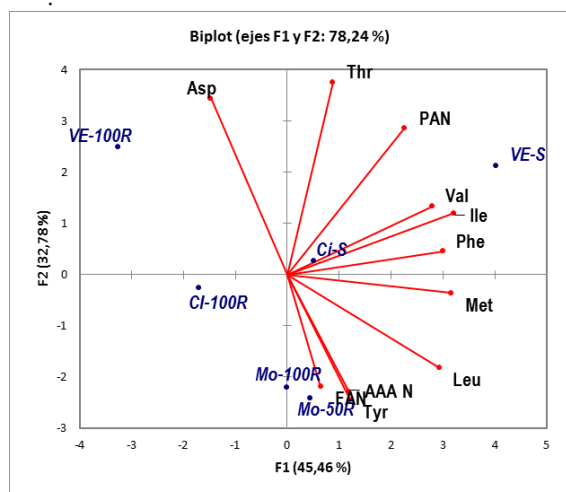


Figura 1. Análisis de Componentes Principales (PCA) de los valores medios interanuales de los aminoácidos de los diferentes tratamientos.

Por tanto, de lo anterior, puede concluirse que no se puede establecer un efecto generalizado del riego sobre la concentración de aminoácidos precursores de aromas de fermentación. Los resultados aquí expuestos indican que la respuesta depende en gran medida del binomio variedad-terroir y dentro de cada uno de ellos, incluso de la campaña en estudio.

Son necesarios más estudios de estas variedades en otras localizaciones para determinar respectivamente el grado de contribución de la variedad y del terroir a

la respuesta del viñedo observada.

4 BIBLIOGRAFÍA

1. E. Gamero, D. Moreno, M. Vilanova, D. Uriarte, M.H. Prieto, M. E. Valdés, Aust. J. Grape Wine Res. **20(3)**, 394-400 (2014)
2. I. Talaverano, E. Valdés, D. Moreno, E. Gamero, L. Mancha, M. Vilanova, J. Sci. Food Agric. **97 (5)**, 1533-1542 (2017)
3. E. Vadour, *Les terroirs viticoles. Définitions, caractérisation, protection* (EDP Dunod, Paris, 2003)
4. M. E. Valdés, M. H. Prieto, D. Moreno, E. Gamero, A. Montoro, F. Mañas, R. López-Urrea, P. López-Fuster, J. Yuste, M.V. Albuquerque, J.R. Yuste, E. Barajas, A. Yeves, D. Pérez, D.S. Intrigliolo, J.R. Castel, *IXe International Terroirs Congress* (Bourgogne-Dijon, Champagne-Reims, 2012)
5. J.R. Castel, M. E. Valdés, M. H. Prieto, D. Uriarte, L. Mancha, A. Montoro, F. Mañas, R. López-Urrea, P. López-Fuster, J. Yuste, M.V. Albuquerque, J.R. Yuste, E. Barajas, A. Yeves, D. Pérez, D.S. Intrigliolo, *IXe International Terroirs Congress* (Bourgogne-Dijon, Champagne-Reims, 2012)
6. P. Romero, R. Gil-Muñoz, F. M. Amor, M. E. Valdes, J. I. Fernández, A. Martínez-Cutillas, Agr. Water Manag. **121**, 85-101 (2013)
7. I. Garrido, J. Llerena, M. E. Valdés, L. Mancha, D. Uriarte, M. H. Prieto, F. Espinosa, J. Int. Sci. Vigne Vin. **48**, 1-32 (2014)
8. P. Hernández-Orte, J. F. Cacho, V. Ferreira, J. Agric. Food Chem. **50**, 2891-2899 (2002)
9. N. Moreira, F. Mendes, O. Pereira, P. Guedes de Pinho, T. Hogg, I. Vasconcelos, Anal. Chim. Acta. **458**, 157-167 (2002)
10. M.L. Asensio, M.E. Valdes, F. Cabello, Characterisation of some Spanish white grapevine cultivars by morphology and amino acid analysis. Sci. Hort. **93**, 289-299 (2002)
11. T. Garde-Cerdán, C. Lorenzo, J.F. Lara, F. Pardo, C. Ancín-Azpilicueta, M.R. Salinas, J. Agric. Food Chem. **57**:2410-2419 (2009)
12. J. Tonietto, A. Cabonneau, Agric. Forest Meteorol. **124**, 81-97 (2004)
13. R.G. Allen, W.O. Pruitt, M.E. Jensen, *Lysimeters for evapotranspiration and environmental measurements*. (EDP Allen RG, Howell TA, Pruitt WO, Walter IA, Jensen MEASCE, New York, 1991)
14. X. Chone, C. Van Leeuwen, D. Dubourdieu, J. P. Gaudillère, Ann. Bot. **87**, 477-483. (2001)
15. P.F. Scholander, H.T. Hammel, E.D. Bradstreet, E.A. Hemmingsen, Science **148**, 339-346 (1965)
16. M. E. Valdés, M. Vilanova, E. Sabio, M. J. Bernalte, Food Chem. **125**, 430-437 (2011)
17. A. Deloire, H. Ojeda, O. Zebic, N. Bernard, J.J. Hunter, A. Carbonneau. www.infowine.com, revue internet de viticulture et oenologie **19** (2006)
18. Guitart, A., Hernandez-Orte, P., Ferreira, V., Pena, C., Cacho, J. Am. J. Enology Vitic. **50**, 253-258. (1999)
19. M. Vilanova, I. Rodríguez, P. Canosa, I. Otero, E.

- Gamero, D. Moreno, I. Talaverano, M. E. Valdés, *Food Chem.* **169**, 187-196 (2015)
20. M. Ortega-Heras, S. Pérez-Magariño, V. Del-Villar-Garrachón, C., González-Huerta, L.C. Moro, A. Guadarrama, S. R., Villanueva Gallo, S. Martín de la Helguera, J. *Sci. Food Agric.* **94**, 2073-2082 (2014).
21. Y. Bouzas-Cid, E. Díaz-Losada, E. Trigo-Córdoba, E. Falqué, I. Orriols, T. Garde-Cerdán, J. M. Mirás-Avalos, *Sci. Hortic.* **227**, 313-325 (2018)