70

NOVIEMBRE
2014

ACTAS DE HORTICULTURA

Comunicaciones Técnicas
Sociedad Española de Ciencias Hortícolas

I JORNADA DEL GRUPO DE VITICULTURA Y ENOLOGÍA

COMUNICACIONES

Editores
Enrique García-Escudero
Ignacio Martín

LOGROÑO
19 y 20 de noviembre de 2014

I JORNADAS DEL GRUPO
DE VITICULTURA Y ENOLOGÍA

Comité Organizador:

Ignacio Martín Rueda (Gobierno de La Rioja-ICVV)

Enrique García-Escudero Domínguez (Gobierno de La Rioja-ICVV)

Luis Gonzaga Santesteban García (Universidad Pública de Navarra)

Javier Ibáñez Marcos (CSIC-ICVV)

Natalia Domínguez Miguel (Gobierno de La Rioja-ICVV)

Diego López Llaría (WineTech Plus)

Colabora:

Comité Científico:

Felicidad de Herralde Travería (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries de Catalunya)

Pilar Baeza Trujillo (Universidad Politécnica de Madrid)

Javier José Cancela Barrio (Universidade de Santiago de Compostela)

José Antonio Rubio Cano (Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León)

José Bernardo Royo Díaz (Universidad Pública de Navarra)

Diego S. Intrigliolo Molina (Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura-CSIC)

Fernando Martínez de Toda Fernández (Universidad de La Rioja-Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino)

Emma Cantos Villar (Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera de Andalucía)

Félix Cabello Sáenz de Santa María (Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario)

Javier Tardáguila Laso (Universidad de La Rioja-Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino)

Jesús Martínez Gascueña (Instituto de la Vid y el Vino de Castilla-La Mancha)

Jesús Yuste Bombín (Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León)

José María Escalona Lorenzo (Universitat de les Illes Balears)

Mar Vilanova de la Torre (Misión Biolóxica de Galicia-CSIC)

Mª Esperanza Valdés Sánchez (Instituto Tecnológico Agroalimentario de Extremadura)

Mª del Carmen Martínez Rodríguez (Misión Biolóxica de Galicia-CSIC)

Javier Ibáñez Marcos (Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino-CSIC)

Luis Gonzaga Santesteban García (Universidad Pública de Navarra)

Editores:

Ignacio Martín Rueda y Enrique García-Escudero Domínguez

ACTAS DE
HORTICULTURA

Comunicaciones Técnicas
Sociedad Española de Ciencias Hortícolas

70

NOVIEMBRE
2014

I JORNADA DEL GRUPO DE VITICULTURA Y ENOLOGÍA

COMUNICACIONES

Editores
Enrique García-Escudero
Ignacio Martín

LOGROÑO
19 y 20 de noviembre de 2014

Jornadas del grupo de viticultura y enología (1º. 2014, Logroño)

I Jornadas del grupo de viticultura y enología: Retos actuales en I+D en Viticultura, Actas, Logroño , 19-20 noviembre 2014; editores Enrique García Escudero, Ignacio Martín. -- Logroño : Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente , 2014. -- Memoria externa, 370 p.

Disponible en formato PDF

(Actas de horticultura /Sociedad Española de Ciencias Hortícolas; Comunicaciones 70)
DL LR-847-2014. - ISBN 978-84-8125-675-8

Horticultura-Congresos y asambleas.
Viticultura-Congresos y asambleas.
García Escudero, Enrique
Martín; Ignacio
Colección Actas de Horticultura (Sociedad Española de Ciencias Hortícolas), Comunicaciones
634.8(063)

Primera edición: noviembre, 2014
© Textos, de los autores
© Gobierno de La Rioja, 2014
Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente
Prado Viejo, 62
26071 Logroño. La Rioja
T. 941 29 13 58
F. 941 28 16 05
www.larioja.org/agricultura

Sociedad Española de Ciencias Hortícolas
Campus Universitario de Rabanales
Crta. Madrid-Cádiz, km 397
14014 Córdoba

ISBN: 978-84-8125-675-8
Depósito Legal: LR-847-2014

Impreso en España - Printed in Spain

Ninguna parte de esta publicación, incluyendo el diseño general y el de cubierta, puede ser copiado, reproducido, almacenado o transmitido de ninguna manera ni por ningún medio, tanto si es eléctrico, como químico, mecánico, óptico, de grabación, de fotocopia, o por otros métodos, sin la autorización previa por escrito de los titulares del copyright.

Presentación

Este volumen de Actas de las I Jornadas del Grupo de Viticultura y Enología de la SECH, con el lema "Retos Actuales en I+D en Viticultura", contiene los textos completos de las comunicaciones presentadas.

Las comunicaciones se han ordenado en secciones, coincidiendo éstas con las sesiones temáticas propuestas en las Jornadas. Esperamos que el orden propuesto facilite al lector la consulta de esta publicación.

Las secciones que se han considerado son las siguientes:

- Caracterización agronómica, genética y molecular del material vegetal.
- Nuevas tecnologías al servicio de la Viticultura. Viticultura de Precisión.
- El agrosistema vitícola sostenible. *Terroir* y adaptación a un escenario de cambio climático.
- Gestión agronómica del viñedo. Técnicas de cultivo.
- Relaciones hídricas. Estrategias de riego.

Todas las comunicaciones presentadas han sido revisadas antes de su publicación por el comité científico.

Esperamos que estas actas sirvan como revisión y fuente de información sobre los retos actuales a los que se enfrenta la viticultura en las distintas zonas vitivinícolas de España y que sirva, por tanto, a la mejora de la calidad de la uva y de los vinos producidos en todas ellas.

Finalmente queremos agradecer el esfuerzo de los autores en la redacción y revisión de los manuscritos de acuerdo a las normas de la SECH, y especialmente al comité científico por su esfuerzo en revisar el gran número de trabajos presentados a estas I Jornadas del Grupo de Viticultura de la SECH.

El comité Organizador

Índice

Sesión Técnica 1: Caracterización agronómica, genética y molecular del material vegetal.

Caracterización de las variedades Mencía, Brancellao, Sousón, Ferrón y Caíño Tinto en base a parámetros cromáticos de los vinos. E. Soto, E. Díaz, F.J. Rego y F. Cabello……15

Producción y tasa de recambio de raíces en cepas jóvenes. F. de Herralde, B. Grau, C. Biel, R. Savé y X. Aranda. ……21

Evaluación agronómica y enológica de la variedad Tempranillo blanco (*Vitis vinifera* L.) y de otras variedades minoritarias blancas de la D.O.Ca. Rioja. J. Martínez, E. López, E. Baroja, D. Pérez, J.B. Chávarri y E. García-Escudero……..….27

El linaje del Tempranillo. A. Mena, J. Martínez, J.L. Chacón, P.M. Izquierdo, E. García, A. González y M. Fernández-González…….34

Recuperación e identificación de variedades antiguas prospectadas en viñedos de Navarra. J. Urrestarazu, C. Miranda, L.G. Santesteban y J.B. Royo……41

Base genética y molecular de la variación somática en la vid. J.M. Martínez-Zapater, L. Fernández, R. Torres-Pérez, C. Royo, J. Grimplet, P. Carbonell-Bejerano, D. Lijavetzky, E. Baroja, J. Martínez, E. García-Escudero, y J. Ibáñez…….47

Nueva estrategia para el diseño de colecciones nucleares para estudios de asociación genética. A.M. Vargas, M.T. de Andrés y J. Ibáñez……..54

Estudio intervarietal y multi-factorial de la diversidad natural para la compacidad del racimo de vid (*Vitis vinifera* L.). J. Tello, R. Aguirrezábal, S. Hernáiz, B. Larreina, M.I. Montemayor, E. Vaquero y J. Ibáñez…….60

Selección clonal del cultivar Brancellao: Campaña 2013. E. Díaz, M.J. Prado, A. Ramilo y E. Soto…….66

Importancia de la variedad 'Hebén' en la viticultura ibérica. L.H. Zinelabidine, J. Cunha, J.E. Eiras-Dias, F. Cabello, J.M. Martínez-Zapater y J. Ibáñez…….73

Análisis fenotípico y molecular de la variante de fruto oval en la variedad de vid Prieto Picudo. L. Pereira, P. Carbonell-Bejerano, R. Torres-Pérez, C. Royo, J. Yuste y J.M. Martínez Zapater……79

Análisis genético y molecular de la forma de la uva en la vid. E. Borzecka, N. Diestro, C. Royo, J. Carreño, P. Carbonell-Bejerano, y J.M. Martínez-Zapater…….85

La variación natural de la vid al nivel celular de la compacidad de los racimos. J. Grimplet, J. Tello, N. Laguna y J. Ibáñez……...91

Evaluación preliminar del grado de adaptabilidad de Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) sobre diferentes portainjertos crecidos en suelos cálcicos de la Ribera Alta de Navarra. F. Yunta, L. Caminero, J.F. Cibriáin, L. Múgica y A. Gárate……..92

Sesión Técnica 2: Nuevas tecnologías al servicio de la Viticultura. Viticultura de Precisión.

Comparación de procedimientos para la delimitación de unidades de manejo diferenciado en viñedos. I. Urretavizcaya, L.G. Santesteban, C. Miranda y J.B. Royo...95

Propuesta de aplicación SIG para la gestión de parcelas vitícolas con software libre (I). Posibilidades de utilización como usuario. D.B. López Lluch y D.A. Aguilar Morales……101

Aplicación de tecnologías no invasivas en viticultura de precisión. M.P. Diago y J. Tardáguila……107

Up-scaling levels for drought assessment in agriculture: from leaf to the whole-vineyard. J. Gago, S. Martorell, C. Douthe, S. Fuentes, M. Tomás, E. Hernández, Ll. Mir, M. Carriquí, J.M. Escalona, P.P. Gallego e H. Medrano……..…114

Un nuevo método para la evaluación de la compacidad del racimo mediante análisis de imagen. S. Cubero, M.P. Diago, N. Aleixos, J.M. Prats-Montalbán, J. Ibáñez, J. Tello, J. Tardáguila y J. Blasco……..120

El ratio isotópico del carbono (□13C) como indicador válido de la eficiencia en el uso del agua en vid. J.M. Escalona, M. Tomás, M. Ribas-Carbó, A. Bechir, J. Bota, L.G. Santesteban, C. Miranda, J.B. Royo, J.R. Castel, D.S. Intrigliolo, F. de Herralde, X. Aranda, R.Savé, M. Nadal, A. Sánchez-Ortiz, H. Medrano……126

Cámaras de planta entera, el futuro en los balances de carbono. E. Hernández, S. Martorell, M. Tomás, J.M. Escalona, J. Bota, I. Tortosa, G. Vidal e H. Medrano……..133

Propuesta de aplicación SIG para la gestión de parcelas vitícolas con software libre (II). Posibilidades de utilización como usuario colectivo. D.B. López Lluch y D.A. Aguilar Morales……140

El ratio isotópico del carbono (δ13C) como método de integración a posteriori del estado hídrico del viñedo. L.G. Santesteban, C. Miranda, I. Urretavizcaya y J.B. Royo……146

Relación positiva entre antocianos y vigor en añadas cálidas. I. Bonilla, F. Martínez de Toda y J.A. Martínez-Casasnovas……153

Estimación de los componentes del racimo mediante análisis de imagen. M.P. Diago, J. Tardaguila, N. Aleixos, M. Prats-Montalbán, B. Millán, S. Cubero, J. Blasco……159

<u>Sesión Técnica 3: El agrosistema vitícola sostenible. Terroir y adaptación a un escenario de cambio climático</u>.

Un nuevo enfoque sobre la adaptación de las variedades al cambio climático: el desacoplamiento entre antocianos y azúcares de la uva. J. García, P. Balda, J.C. Sancha y F. Martínez de Toda……..……163

Detección de diferentes zonas productivas en un viñedo de DOCa Rioja mediante el estudio detallado del suelo y el comportamiento de la viña. R. Pérez-Parmo, A. Miguel, J. Kortabarria y A. Aizpurua……...……169

Utilización de bases de datos para caracterización de subzonas vitícolas. I. Martín, N. Domínguez, A. Benito, I. Romero y E. García-Escudero……..……..175

Cuantificación y reparto de la biomasa aérea en cuatro cultivares de vid para estimaciones de huella de carbono. C. Miranda, L.G. Santesteban, M. Loidi y J.B. Royo……182

Evaluación de las implicaciones de la presencia de virosis sobre el rendimiento y la calidad de la cosecha en la variedad Tempranillo. L. Martínez, C. Miranda, J.B. Royo, F. Martínez de Toda, P. Balda, E. Ruiz-Clavijo y L.G. Santesteban……...188

El cultivo de la vid como sumidero de carbono en La Rioja. I. Funes, R. Savé, C. Biel, J. Vayreda, E. García-Escudero, X. Aranda y F. de Herralde……..193

Estroncio (Sr) acumulado en hojas de viña (*Vitis vinifera* L.) en Castilla-La Mancha. S. Bravo, J.A. Amorós, P.L. Higueras, F.J. García, C. Pérez-de los Reyes, M. Sánchez. ……200

Influencia del manejo del suelo en viñedo sobre la población de hongos filamentosos. M. Pérez-Moreno, C. Menéndez, V. Marco, I. Pérez-Moreno, M.M. Hernández……..207

Influencia de la radiación ultravioleta en la composición fenólica de hollejos de vid (variedad Pinot Noir): una aproximación paneuropea. M.A. del Castillo, K. Csepregi, B. Hartman, É. Hideg, M.A.K. Jansen, G. Jakab, T. Jug, L. Llorens, J. Martínez-Lüscher, L. Monforte, S. Neugart, A. Ranieri, K. Schödl-Hummel, M. Schreiner, G. Soriano, J. Soukupova, P. Teszlák, S. Tittmann, O. Urban, G. Zipoli, J. Martínez-Abaigar y E. Núñez-Olivera……..208

Efecto de distintos escenarios de cambio climático en el crecimiento y la maduración de bayas de Tempranillo tinto y blanco. T. Kizildeniz, I. Mekni, I. Pascual, J.J. Irigoyen, F. Morales…….210

Sesión Técnica 4: Gestión agronómica del viñedo. Técnicas de cultivo.

Influencia de tratamientos prevendimia con etefón y metil jasmonato sobre el color del vino cv. Sauvignon blanc. L. Uzquiza, R. González, M.R. González, J.M. Marcos y P. Martín……...213

Efecto de la elevación de la altura de vegetación en un viñedo en espaldera del cv. Cigüente en Extremadura. D. Uriarte, L.A. Mancha, D. Moreno, E. Gamero, M.I. Talaverano, M.E. Valdés y M.H. Prieto……...219

Respuesta de la vid a la aplicación de DECCOSHIELD®. P.M. Izquierdo, J. Martínez, A. Mena, J.L. Chacón y E. García……...225

Densidad de plantación: efectos productivos, vegetativos y cualitativos en cv. Tempranillo cultivado en espaldera en el valle del Duero. J. Yuste, M.V. Alburquerque, E. Barajas y J.R. Yuste…….232

Efecto de tres niveles de carga en la respuesta agronómica, composición del mosto y sostenibilidad del viñedo. P. Baeza, C. Pérez-Cidocha, I. Julián, A. Quintanilla, J.R. López-Rogel y E. García-García……...……...238

Impacto del portainjerto y el deshojado en la composición de la uva de la variedad Marselan. M. Nadal, A. Sánchez-Ortiz, M. Azuara y C. Leriche……...244

¿Es posible incrementar la eficiencia en el uso del agua modificando la orientación de las filas y la inclinación de la espaldera de los viñedos?. I. Buesa, G. Caccavello, M.C. Merli, H. Puerto, A. Ruiz-Canales, J.M. Molina y D.S. Intrigliolo……250

Efectos del estado nutricional sobre la eficiencia fotosintética y el comportamiento agronómico de viñedos cv. Tempranillo en Ribera del Duero. G. Hailemichael, A. Catalina, L. Uzquiza, M.R. González y P. Martín……256

Evaluación de la producción y características del mosto en variedades gallegas bajo cultivo ecológico y convencional en DO Rías Baixas. P. Blanco, E. Díaz, J.M. Mirás-Avalos, A. Lamas y E. Soto…….262

Evaluación del comportamiento productivo y de calidad del mosto del cv. Tempranillo con tres niveles de carga de uva en la D.O. Arribes. J.A. Rubio, C. Arranz, A. Vicente y E. Barajas……...268

Composición fenólica de la variedad Marselan (*V. vinifera* Garnacha x *V. vinifera* Cabernet sauvignon) bajo el efecto del portainjerto. A. Sánchez-Ortiz, M. Chávaro-Ortiz, M. Nadal y R. Martínez-Peniche……274

Sesión Técnica 5: Relaciones hídricas. Estrategias de riego.

Efecto del régimen hídrico sobre metabolitos en hoja y parámetros de producción de Vitis vinifera cv. Godello en Galicia (España). M. Fandiño, A.C. Malheiro, E. Trigo-Córdoba, J.M. Mirás, E.M. Martínez, J. Moutinho-Pereira, L.T. Dinis, H. Ferreira, B.J. Rey, C.M. Correia y J.J. Cancela……283

Composición nitrogenada de las variedades blancas 'Airén', 'Cigüente', 'Moscatel de Alejandría' y 'Verdejo', cultivadas en España. Incidencia del régimen hídrico. M.E. Valdés, D. Moreno, M. Vilanova, J. Yuste, A. Montoro, M.I. Talaverano, E. Gamero, D. Uriarte, L.A. Mancha y J.R. Castel……...290

Influencia de diferentes tratamientos de riego sobre la composición volátil de vinos elaborados con las variedades blancas "Cigüente" y "Verdejo". M. Vilanova, J. Yuste, M.E. Valdés, J. Vila-Crespo y J.R. Castel……297

Efectos del secado parcial de raíces (PRD) y del riego deficitario controlado (RDC) sobre la calidad de la uva Monastrell. P. Romero, F. del Amor, J.I. Fernández-Fernández, A. Martínez-Cutillas y R. Gil-Muñoz……303

Respuesta agronómica de la variedad Moscatel de Alejandría al riego en clima mediterráneo. I. Buesa, D. Pérez, J. Castel, L. Bonet, D.S. Intrigliolo y J.R. Castel….310

Potenciales hídricos de hoja y de xilema: respuesta como indicadores del estado hídrico del viñedo, en cv. Verdejo, sometido a diferentes regímenes hídricos en la D.O. Rueda. A. Vicente y J. Yuste……..317

Influencia del riego en la variedad Sousón, tinta autóctona de Galicia: Resultados experimentales 2012-2013. E. Trigo, Y. Bouzas, E. Díaz, I. Orriols y J.M. Mirás……325

Valoración agronómica de la fertirrigación sobre *Vitis vinifera* cv. Mencía - DO Bierzo (España). M. Fandiño, E.M. Martínez, B.J. Rey y J.J. Cancela……..331

Fotosíntesis, conductancia estomática y potencial hídrico: relación y respuesta como indicadores del estado hídrico del cv. Verdejo, sometido a diferentes regímenes hídricos en la D.O. Rueda. J. Yuste y A. Vicente……..338

Efectos del régimen de riego sobre la producción y calidad de la uva en la variedad 'Bobal' en Requena. F. Sanz, A. Yeves, D. Pérez, J. Castel, C. Chirivella, V. Lizama, M.J. García-Esparza, I. Álvarez y D.S. Intrigliolo……...346

Efectos del riego localizado en la variedad Tempranillo blanco (*Vitis vinifera* L.) en condiciones de clima cálido. E. Baroja, N. Domínguez, J. Martínez, D. López, I. Martín y E. García-Escudero……352

Efecto del estado hídrico en la respiración de los distintos órganos de la vid (*Vitis vinifera* L.). E. Hernández-Montes, M. Tomás, S. Martorell, J. Bota, P. Sancho, J.M. Escalona e H. Medrano……..358

Sesión Técnica 1:

Caracterización agronómica, genética y molecular del material vegetal.

Moderador:

Javier Ibáñez Marcos
(ICVV-CSIC)

Caracterización de las variedades Mencía, Brancellao, Sousón, Ferrón y Caíño Tinto en base a parámetros cromáticos de los vinos

E. Soto[1], E. Díaz*[1], F.J. Rego[1] y F. Cabello[2].

1 Estación de Viticultura e Enoloxía de Galicia – INGACAL. Ponte San Clodio s/n, 32427, Leiro, Ourense. *E-mail: elvira.soto.vazquez@xunta.es
2 Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Agrario (IMIDRA). Finca El Encía, Apdo. 127. Ctra N-II, km 38,200, 28800, Alcalá de Henares (Madrid).

Resumen

El color del vino depende mayoritariamente de los componentes fenólicos de las bayas de procedencia. A pesar de que las condiciones climáticas y de cultivo presenten una incidencia sobre las características cromáticas de las bayas, es la componente genética la que determina, principalmente, el color de la uva y, por tanto, del vino resultante.

La elección de una variedad para la obtención de vino tinto está determinada en gran medida por las características cromáticas que ésta puede aportar al vino.

Con la finalidad de contribuir a un mayor conocimiento de vinos elaborados con variedades tintas autóctonas gallegas, se realizó un estudio de la evolución, durante el proceso de elaboración, de la riqueza fenólicas y características cromáticas de vinos monovarietales de Brancellao, Sousón, Ferrón, Mencía y Caíño Tinto, procedentes de diferentes zonas de cultivo.

Estudios previos de la uva utilizada en las vinificaciones de los vinos estudiados, muestran diferentes grados de madurez condicionados por los factores ecoclimáticos de la zona de procedencia. Estas diferencias han condicionado las características cromáticas de los vinos, si bien tal como cabría esperar, el genotipo es el principal determinante del color del vino.

Los resultados muestran, que desde el final de la fermentación alcohólica hasta la finalización de la maloláctica hay una disminución importante, en el contenido en antocianos. Esta disminución en antocianos es tanto mayor cuanto mayor es su concentración en la variedad de origen.

La pérdida de intensidad colorante durante la elaboración de los vinos está asociada, en gran medida, a la disminución de la acidez, pero también viene determinada por las características de cada cultivar. En los vinos de Mencía, Brancellao y Caíño Tinto se ha producido una pérdida de entre el 15 y 40%. En los vinos de Ferrón y Sousón, que son los que alcanzan mayor riqueza fenólica, expresada como IPT, mayor concentración de antocianos y de taninos, y mayor intensidad colorante, cuando experimentaron fermentación maloláctica, la bajada de acidez total determinó una pérdida de intensidad colorante de 23 y 28%, respectivamente.

Palabras clave: Variedades autóctonas, Galicia, color, vino.

INTRODUCCIÓN

El color del vino depende fundamentalmente de la concentración en compuestos fenólicos de las bayas de procedencia. La composición fenólica de las uvas, especialmente los antocianos, está fuertemente influenciada por las características climáticas de la zona de cultivo, sin embargo es la componente genética la que

preponderantemente determina la riqueza en esta familia de compuestos de la uva, y en gran medida la facilidad de transferencia de estos al vino.

En Galicia, la búsqueda de vinos marcados por una tipicidad característica, pasa por la puesta en valor de las variedades autóctonas, entre ellas Mencía, Sousón, Brancellao, Caiño Tinto, Brancellao, Ferrón. El estudio de éstas se ha abordado desde diferentes aspectos, tanto agronómicos como enológicos, centrados en la evolución de la madurez fenólica y en las características de los vinos embotellados o en su crianza en barrica (Río et al., 2008).Sin embargo, son escasos, los datos relativos a la evolución de la concentración de compuestos fenólicos y de las características de color durante su proceso de elaboración.

Por ello, con la finalidad de contribuir a un mayor conocimiento de vinos producidos con variedades tintas autóctonas gallegas, se realizó un estudio de la evolución de las características fenólicas y cromáticas durante el proceso de elaboración de vinos monovarietales de Brancellao, Sousón, Ferrón, Mencía y Caíño Tinto, procedentes de diferentes zonas de cultivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los estudios se realizaron con vinos de la cosecha del 2011 procedentes de dos parcelas experimentales, una ubicada en la D.O. Rías Baixas-subzona Salnés (RB), y la otra en la D.O. Ribeiro (RI).

En ambas parcelas se encuentran campos de ensayo de las variedades Mencía, Brancellao, Caíño Tinto, Ferrón y Sousón, constituidos por una media de 20 plantas de cada variedad. Las plantaciones, con 4.000 cepas·ha^{-1} en Rías Baixas y 4.630 cepas·ha^{-1} en el Ribeiro, están conducidas en espaldera.

Con las uvas procedentes de cada una de las parcelas se realizaron microvinificaciones monovarietales, en depósitos de 35L, siguiendo el protocolo habitual de elaboración de vinos tintos. Los mostos fueron inoculados con levadura comercial LSS B12 de Lamotte. Transcurridos 12 días se trasegaron y finalizada la fermentación alcohólica se realizó un nuevo trasiego. Se mantuvieron en cámara a 20ºC y la fermentación maloláctica se realizó de modo espontáneo. Tras dicha fermentación, se trasegó, se ajustó el dióxido de azufre a 25 ppm y se embotelló. Solo dos variedades, Sousón del Ribeiro y Ferrón, no finalizaron dicha fermentación, por lo que se decidió en estos dos casos trasegar y sulfitar para posteriormente embotellar.

Se evaluó la riqueza fenólica y se realizó el estudio de parámetros de color (índice de polifenoles totales –IPT-, contenido en antocianos totales, taninos, Intensidad Colorante (IC), Tonalidad (TC), y parámetros CIElab en tres momentos del proceso: FA (fin de fermentación alcohólica), FM, (concluida la fermentación maloláctica) y EMB (tras mes y medio en botella).

La medida del color del vino se llevó a cabo siguiendo los métodos propuestos por Riberau-Gayonet al. (2002) y Zamora (2003) y la evaluación del color en el espacio CIElab según el método propuesto por la OIV (Resolution Oeno 1/2006), empleando un espectrofotómetro UV-Vis Perkin–Elmer dotado del software PECSS, para interpretación de parámetros CIElab, y del software Colvin para interpretación del color del vino en función de los parámetros CIELab.

Los métodos usados para la determinación de la composición fenólica fueron los siguientes (Riberau-Gayón et al., 2002). El Índice de polifenoles totales (IPT) por medida espectrofotométrica directa tras dilución 1:100; los antocianos totales fueron medidos de

acuerdo a la variación de color experimentada por adicción de metabisulfito y expresados en $mg \cdot L^{-1}$ de malvidina; la riqueza en taninos fue determinada tras hidrólisis ácida y el resultado expresado en $g \cdot L^{-1}$de cianidina.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores medios para cada uno de los parámetros colorimétricos estudiados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores medios para índice de polifenoles totales, taninos antocianos, intensidad colorante (IC) y tonalidad (TC) para las tres etapas de elaboración de los vinos.

		IPT	Taninos $g \cdot L^{-1}$	Antocianos $mg \cdot L^{-1}$	IC	TC
Brancellao RI	**FA**	38,20	1,39	294,00	6,04	0,56
	FML	38,00	1,45	182,00	5,80	0,67
	EMB	37,85	1,30	159,25	6,10	0,68
Brancellao RB	**FA**	25,70	0,68	184,63	3,44	0,62
	FML	23,80	0,62	132,13	1,95	0,99
	EMB	23,35	0,56	131,69	2,19	0,88
Mencía RI	**FA**	70,10	3,46	800,63	15,54	0,57
	FML	69,00	3,42	552,13	14,61	0,69
	EMB	69,40	3,13	556,05	13,41	0,71
Mencía RB	**FA**	35,10	0,99	519,75	8,31	0,52
	FML	35,60	1,14	438,35	5,89	0,70
	EMB	35,45	1,00	458,94	4,95	0,76
Caíño Tinto RI	**FA**	48,10	1,95	571,38	11,24	0,57
	FML	49,60	1,99	435,75	10,04	0,72
	EMB	49,20	2,03	449,75	9,49	0,70
Caíño Tinto RB	**FA**	47,10	1,82	641.38	14,83	0,46
	FML	43,90	1,76	450,63	11,29	0,56
	EMB	43,75	1,68	426,56	10,40	0,61
Ferrón RI	**FA**	91,60	3,25	1400,00	43,06	0,42
	FML	-	-	-	-	-
	EMB	83,05	3,32	815,06	32,82	0,53
Ferrón RB	**FA**	67,50	1,68	1067,5	25,13	0,45
	FML	62,10	2,05	670,25	18,85	0,57
	EMB	59,90	2,13	559,13	19,24	0,60
Sousón RI	**FA**	92,60	3,44	1188,25	32,28	0,63
	FML	-	-	-	-	-
	EMB	85,95	3,29	711,38	30,83	0,74
Sousón RB	**FA**	78,70	2,45	1571,50	41,67	0,41
	FML	72,40	2,44	1164,63	25,23	0,51
	EMB	70,75	2,40	981,25	32,15	0,47

La fermentación maloláctica se realizó de forma espontánea en todos los vinos a excepción de los vinos de Ferrón RI y Sousón RI, por lo que en éstos se dispone únicamente de datos de después de la FA y en vino embotellado.

Para una misma variedad, los vinos de la parcela del Ribeiro presentaron mayores valores para el IPT y los taninos que los de la parcela de Rías Baixas. Así, tras la fermentación alcohólica, los vinos que presentaron mayores valores de IPT y de taninos fueron Sousón RI y Ferrón RI seguido de Sousón RB, Ferrón RB y Mencía RI. Frente a ellos, Brancellao RB y Mencía RB presentaron los menores valores, siendo estos últimos inferiores a los esperados para esta variedad, consecuencia de una maduración incompleta (Río et al., 2008). La concentración de taninos se ha mantenido estable en todos los casos estudiados.

Los resultados muestran, coincidiendo con los aportados por García et al. (2001) para la variedad Cencibel, que desde el final de la fermentación alcohólica hasta la finalización de la maloláctica hay una disminución importante, en el contenido en antocianos tanto mayor cuanto mayor es su concentración en la variedad de origen observándose una disminución superior en los vinos RI que en los RB para las variedades Brancellao y Mencía, mientras que en Ferrón y Sousón experimenta la misma disminución (entre 40-47%) independientemente de que hayan experimentado o no fermentación maloláctica. Los contenidos se mantienen estables o con disminuciones inferiores al 15% en la etapa de embotellado.

Es de destacar que tras FML, los vinos de Sousón y Ferrón del Ribeiro, alcanzan o superan los valores considerados como óptimos para destinar un vino a crianza (60 de IPT, 800 $mg \cdot L^{-1}$ de antocianos y 3 $g \cdot L^{-1}$ de taninos). Mencía del Ribeiro, Caiño Tinto de ambas procedencias y, Sousón y Ferrón de Rías Baixas, alcanzan o superan los valores mínimos aconsejables de 400 $mg \cdot L^{-1}$ de antocianos 2 $g \cdot L^{-1}$ de taninos y 40 de IPT, para destinar un vino a la crianza (Zamora, 2003).

En los parámetros de color, los cambios también son de diferentes según la variedad y región de procedencia de los vinos. En cuanto a IC las variaciones se producen fundamentalmente en la etapa de fermentación maloláctica. Los vinos del Ribeiro son más estables en cuanto a la intensidad del color, las variaciones sólo superan el 20% en el vino de Ferrón (23%), mientras que en los de Rías Baixas las disminuciones de intensidad colorante oscilan entre un 23% para Ferrón y un 40% en Brancellao.

La pérdida de intensidad colorante durante la elaboración de los vinos está asociada a, características de cada cultivar. En los vinos de Mencía, Brancellao y Caíño Tinto se ha producido una pérdida de entre el 15 y 40%. En los vinos de Ferrón y Sousón, que son los que alcanzan mayor riqueza fenólica, expresada como IPT, mayor concentración de antocianos y de taninos, y mayor intensidad colorante, cuando experimentaron fermentación maloláctica, la bajada de acidez total estuvo asociada una pérdida de intensidad colorante de 23 y 28%, respectivamente.

En las tres etapas de elaboración se definieron de una forma más precisa el color de los vinos utilizando el espacio CIElab (Tabla 2).

Los valores de L* o luminosidad del vino, aumentan o se mantienen durante las diferentes etapas de elaboración, con la excepción de Brancellao del Ribeiro. Los vinos de Brancellao mostraron valores que estarían próximos a los característicos de vinos rosados, especialmente el Brancellao de Rías Baixas. Los demás vinos, a excepción de Mencía RB, presentaron valores muy bajos (inferiores a 14) característicos de vinos tintos, e indicativos de un color casi negro no permitiendo la observación de matices a pesar de

que en ocasiones estos valores aumentaron ligeramente durante los diferentes pasos de la elaboración.

Tabla 2. Valores medios para los parámetros CIElab en las tres etapas de la elaboración de los vinos estudiados.

		L*	a*	b*	H*	C*	ΔE*	Color
Brancellao RI	**FA**	28,2	56,97	35,89	32,21	67,34	37	Rojo Granate
	FML	26,9	56,40	36,86	33,16	67,38		Rojo Púrpura
	EMB	24,5	54,59	35,36	32,93	65,05		Rojo Púrpura
Brancellao RB	**FA**	41,9	56,13	22,52	21,86	60,48		-
	FML	60,4	34,10	23,02	34,03	41,14		Rosa Fresa
	EMB	55,4	40,33	20,50	26,94	45,24		Rosa Fresa
Mencía RI	**FA**	6,5	35,84	11,22	17,39	37,56	28	Rojo Violeta
	FML	6,1	35,06	10,59	16,81	36,62		Rojo Violeta
	EMB	6,6	36,13	11,38	17,48	37,89		Rojo Violeta
Mencía RB	**FA**	18,3	49,20	28,40	30,00	56,80		Rojo púrpura
	FML	21,6	50,18	24,54	26,06	55,86		-
	EMB	26,0	51,28	23,35	24,48	56,34		-
Caíño Tinto RI	**FA**	12,2	42,78	20,80	25,92	47,57	4,7	Rojo Violeta
	FML	12,0	42,94	20,48	25,50	47,58		Rojo Violeta
	EMB	13,0	44,46	21,90	26,23	49,56		Rojo Violeta
Caíño Tinto RB	**FA**	9,1	38,85	15,72	22,03	41,91		Rojo Violeta
	FML	10,9	41,55	18,65	24,17	45,54		Rojo Violeta
	EMB	11,0	41,66	18,69	24,16	45,63		Rojo Violeta
Ferrón RB	**FA**	1,2	9,41	2,20	13,16	9,67	11,6	Rojo Violeta
	FML	-	-	-	-	-		
	EMB	2,3	16,85	4,00	13,34	17,32		Rojo Violeta
Ferrón RB	**FA**	4,3	28,97	7,52	14,55	29,93		Rojo Violeta
	FML	4,3	29,07	7,57	14,60	30,04		Rojo Violeta
	EMB	4,1	27,91	7,08	14,24	28,79		Rojo Violeta
Sousón RI	**FA**	1,5	11,18	2,63	13,21	11,49	5,4	Rojo Violeta
	FML	-	-	-	-	-		
	EMB	1,6	12,25	2,88	13,23	12,58		Rojo Violeta
Sousón RB	**FA**	1,7	12,46	2,94	13,26	12,81		Rojo Violeta
	FML	3,2	23,49	5,67	13,57	24,17		Rojo Violeta
	EMB	2,3	16,68	3,96	13,36	17,14		Rojo Violeta

El ángulo de tono H* se mantuvo estable en el proceso de elaboración, los menores valores correspondieron a los vinos de Ferrón, Sousón y Mencía RI.

El croma o valor C varió en función del cultivar al igual que H.

A partir de las coordenadas L, a* y b*, se ha calculado la diferencia colorimétrica global (ΔE*), observándose que la diferencia de color entre los vinos de las dos procedencias, debería ser fácilmente perceptible al ojo humano, salvo en los vinos de Caiño Tinto y Sousón que escasamente superan 3 unidades CIElab de diferencia.

CONCLUSIONES

Desde la finalización de la fermentación alcohólica hasta concluida la fermentación maloláctica se producen cambios de color, afectando en diferente extensión en función de las propias características de cada cultivar, siendo también la procedencia de las bayas un factor esencial consecuencia de la influencia del medio sobre la composición de las mismas.

Los vinos de Ferrón y Sousón son los que presentaron valores más bajos de L*, y los que alcanzan mayor riqueza fenólica, expresada como IPT, y mayor concentración de antocianos y de taninos, característicos de vinos tintos con mucha carga de color. Brancellao el que presentó menores valores para estos parámetros, con valores de L* próximos a los vinos rosados; Caíño Tinto y Mencía con valores intermedios.

Durante la FML hay una disminución importante en el contenido en antocianos Esta disminución es tanto mayor cuanto mayor es la concentración de antocianos en la variedad de origen (Ferrón y Sousón).

Para una misma variedad, los vinos de la parcela del Ribeiro presentaron mayores valores para el IPT y los taninos que los de la parcela de Rías Baixas. Estas diferencias en los compuestos fenólicos determinaron diferencias cromáticas que fueron más importantes en los vinos de Brancellao, Mencía y Ferrón que en los de Sousón y Ferrón.

Agradecimientos

Este estudio se ha realizado dentro de la submedida 214.4 del Programa de Desenvolvemento Rural –PDR- (fondos FEDER).

Referencias

García, E., Chacón, J.L., Martínez, J., Tormo, J.A., Izquierdo, P.M. (2001). Evolución de los parámetros CIELab en vinos de la variedad Cencibel desde el incubado hasta el embotellado. Alimentaria: revista de tecnología e higiene de los alimentos, 327, 127-132.

Río, S., Soto, E., Díaz, E. (2008). Influence of ripeness grade on acumulation and extractability of grape skin anthocyanins in different cultivars. Journal of FoodComposition and Analysis, 21, 599-607.

Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., Dubourdieu, D. (2002). Tratado de Enología Química del Vino Estabilización y Tratamientos. Editorial Hemisferio Sur.

Zamora, F. (2003). Elaboración y crianza del vino tinto: Aspectos científicos y prácticos. Ed. Mundi Prensa.

OIV. (2006). Compendium of International Analysis of Methods.

Producción y tasa de recambio de raíces en cepas jóvenes

F. de Herralde*, B. Grau, C. Biel, R. Savé y X. Aranda.

Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA). Torre Marimon. 08140. Caldes de Montbui, Barcelona. felicidad.deherralde@irta.cat

Resumen

La vid es un cultivo importante que también tiene una función como formador de paisaje. En muchos países mediterráneos, como España, los viñedos se localizan entre bosques, cultivos extensivos y áreas urbanas, formando parte del ecosistema y contribuyendo a la regulación de los flujos de agua y carbono. Conocer la dinámica de crecimiento y el almacenamiento de carbono de los portainjertos de vid en condiciones de sequía mediterránea es clave para conocer más sobre los balances de agua y carbono en los viñedos y así planificar adaptaciones al cambio climático y global (AGL2011-30408-C04-02).

En Marzo de 2012, cepas de un año de edad de 'Garnacha' injertadas sobre 110R y sobre 140Ru y de 'Marselán' injertadas sobre 110R, fueron plantadas en un rizotrón consistente en contenedores de 60 x 50 cm de superficie y 110 cm de altura, llenos de suelo arenoso y con la pared frontal de cristal para permitir la observación no invasiva del desarrollo radicular. Se establecieron dos tratamientos de riego por goteo: la dosis baja (1) y la dosis muy baja (2), que se fueron ajustando a la demanda hídrica a lo largo de la estación. Desde la primera aparición de raíces en agosto 2012, se tomaron fotografías quincenales. Se tomó una fotografía de cada módulo y se procesó la imagen usando el software GIMP. Se determinó estadísticamente que dos cuadrados de 12x12cm seleccionados aleatoriamente a cada profundidad (0-30, 30-60, 60-110 cm) eran suficientes para la monitorización. La longitud de las raíces se midió usando Winrhizo (Regent Instruments Inc., Canada). Se calculó la producción y la tasa de recambio de raíces para cada fecha y el total anual. Bajo estas condiciones, la disponibilidad hídrica es el factor determinante de la producción de raíces, aunque la combinación del material vegetal también influye dependiendo de la severidad del estrés hídrico.

Palabras clave: portainjerto, patrón, vid, crecimiento, longevidad.

INTRODUCCIÓN

Los portainjertos forman una parte esencial de la viticultura, siendo imprescindibles en las zonas con presencia de filoxera, pero también útiles en todas las circunstancias para modular la respuesta varietal al ambiente edafoclimático.

Los portainjertos están caracterizados por su diferente crecimiento radicular, características hidráulicas, actividad metabólica y capacidad de almacenaje de carbono en respuesta a condiciones edafoclimáticas (Savé et al., 2009). Sin embargo, existe discrepancia entre cuáles son los factores más influyentes en lo que a distribución de raíces se refiere. Autores como Nagarajah (1987) y Morlat y Jacket (1993) señalan que dependería principalmente de las características edáficas (capacidad de retención de agua, intensidad hidromórfica y compactación), mientras que otros como Pongrácz (1983) y Bassoi et al. (2003) mencionan que tanto la distribución vertical como horizontal de las

raíces tendría un componente genético. Finalmente, Smart et al. (2006) señalan que las características del suelo primarían sobre las diferencias genéticas.

Existen estudios que analizan las relaciones entre la parte aérea y subterránea de viñas injertadas poniendo especial atención en el efecto que el genotipo del portainjerto puede tener sobre la variedad (Tandonnet et al., 2008); sin embargo, debido a la dificultad metodológica, son pocos los que incluyen observaciones y medidas de arquitectura radicular, biomasa y crecimiento *in situ* (Vogt et al., 1998; Smart et al., 2006)

Las tasas de producción de raíces y de recambio de las mismas han sido poco estudiadas, y para mejorar el conocimiento existente sobre la acumulación de carbono en los suelos vitivinícolas y la incidencia del déficit hídrico en esta dinámica, se hacen necesarios estudios detallados.

El objetivo del presente trabajo es determinar la producción de raíces bajo condiciones de baja disponibilidad hídrica de diferentes combinaciones de portainjertos y variedad, así como sus tasas de recambio.

MATERIAL Y MÉTODOS

En Marzo de 2012, cepas de un año de edad de 'Garnacha' injertada**s** sobre 110R y sobre 140Ru y de 'Marselán' injertadas sobre 110Rfueron plantadas en un rizotrón en el interior de un túnel de cubierta plástica con ventilación natural lateral. Los contenedores eran de 1 m de profundidad y 0.6 x 0.5 m de superficie y tenían la pared frontal de vidrio transparente permitiendo la observación de las raíces. El sustrato fue de tipo arenoso, y se aplicaron dos tratamientos de riego, Dosis 1 (Control), riego diario, por goteo, ajustado según la demanda evapotranspirativa de referencia y Dosis 2 (Reducida), aplicando el 50% de la dosis Control. Así se aplicaron en 2012 (de mayo a diciembre): Dosis 1 = 368 $l \cdot cepa^{-1}$ y Dosis 2 = 175 $l \cdot cepa^{-1}$; en 2013 (de enero a agosto): Dosis 1 = 208 $l \cdot cepa^{-1}$ y Dosis 2 = 115 $l \cdot cepa^{-1}$.Quincenalmente, se tomaron fotografías digitales de la totalidad de la superficie del frontal de vidrio de cada módulo de rizotrón, con una cámara réflex, a una distancia de 2.3m y una distancia focal de 45mm para obtener imágenes no distorsionadas. Las imágenes fueron procesadas con el software GIMP (GNULicense) para recortar cada imagen de acuerdo a marcadores específicos y forzarla a un tamaño específico (200x3600 píxeles) y para hacer las fotografías sucesivas de cada planta directamente comparables. Se añadió una rejilla a cada imagen con cuadrados de 400x400 píxeles, para permitir la identificación y submuestreo. Se estudiaron separadamente tres rangos de profundidad: 0-30cm, 30-60cm y 60cm 90cm. En cada uno de estos rangos se seleccionaron aleatoriamente dos cuadrados de 12x12, para realizar el seguimiento de la longitud de las raíces visualizadas, de acuerdo a un experimento realizado previamente (Aranda et al., 2013). Las raíces visualizadas en cada cuadrado, se pintaron sobre la fotografía, diferenciando cuando fue posible entre raíces vivas y raíces muertas. La longitud de raíces presentes en cada cuadrado se determinó usando Winrhizo (Regent Instruments Canada Inc.). La producción primaria neta (NPP, $cm \cdot día^{-1}$) de raíces fue calculada como la diferencia entre las raíces observadas entre una fecha y la anterior, dividiendo entre el número de días transcurridos entre ambas medidas. Una vez completado un año entero de crecimiento observado (de agosto 2012 a agosto 2014) se calculó la producción primaria neta anual (NPP_a) como la diferencia entre la longitud máxima y la mínima registradas y la tasa de recambio (TR_a) de acuerdo a Brunner et al. (2013).

Para los análisis de NPPa y TRa, calculados para la totalidad de un año de crecimiento, se realizó un análisis de la varianza mediante modelos lineales (PROC GLM), y para aquellos medidos a lo largo de los dos años, se realizó un análisis de modelos mixtos con medidas repetidas (PROC MIXED). Las interacciones significativas fueron analizadas mediante el test de efectos simples. Todo ello usando Enterprise Guide 4.2 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de que las cepas se instalasen en el mes de mayo, la primera visualización de raíces en el frontal de vidrio fue realizada a principios de agosto de 2012. Después de un año (agosto de 2013), se analizaron todos los datos obtenidos. La mortalidad y desaparición de raíces fue prácticamente nula, ya que se observó muy poca desaparición de raíces y fue imposible determinar visualmente si las raíces observadas estaban muertas. Trabajando con rizotrones y minirizotrones, éste es un problema muy habitual (Lucak, 2012) y que unido a la juventud de las cepas en que el crecimiento y colonización del substrato son aún muy superiores a la mortalidad y tasa de recambio, hace que la producción sea prácticamente sólo positiva. En la Figura 1 se muestran los datos de la producción primaria neta de raíces diaria, calculada cada 15 días. Las diferencias más claras vienen determinadas por las dosis de agua aplicadas, en total 574 $l \cdot cepa^{-1}$ para la Dosis 1 y 290 $l \cdot cepa^{-1}$ para la Dosis 2. Para la Dosis 1 se detectaron diferencias significativas entre fechas para todos los materiales vegetales y diferencias significativas entre materiales vegetales en algunas fechas: al inicio de las medidas GN-110R presentó menor producción que los otros 2. La producción fue menor en GN-140Ru en 17/09/12, 22/10/12 y el 5/03/13, fecha en que se registró el pico de producción más elevado y donde además la producción de MS-110R fue la mayor. En general se observa una dinámica de producción de raíces más elevada al inicio del crecimiento vegetativo que se mantiene hasta envero. En el otoño, se observa una producción también elevada que se mantiene hasta diciembre, probablemente alargada en el tiempo porque el túnel plástico atenúa el descenso de temperatura. También se observó una interacción entre la profundidad y la fecha. Las tres profundidades muestran diferencias entre fechas que mantienen la dinámica general descrita anteriormente, siendo destacable que en el primer otoño se produjeron más raíces en la profundidad intermedia (30-60 cm) y, en la primavera siguiente, la producción fue más elevada en la profundidad 60-90 cm. El06/09/12 y el 1/10/12 la profundidad 30-60cm registró más producción que las otras dos, mientras que el 5/11/12 y el 08/07/13 se registró una producción más baja en la profundidad superficial (0-30 cm). El día del pico de máxima producción (05/03/13) se produjeron menos raíces en la profundidad 60-90cm. Para la dosis 2 sólo hubo interacción entre la fecha y la profundidad, habiendo diferencias significativas entre fechas sólo en las profundidades extremas; 0-30cm y 60-90 cm. El día 22/08/12, la profundidad 30-60cm tuvo menor producción que las otras dos, y para la fecha siguiente la profundidad 60-90 registró un descenso que dejó sólo diferencia entre 0-30 cm, mayor que 30-60 cm. A principios de octubre aún se incrementó más la producción de raíces superficiales, siendo mayor que en las otras dos categorías. Al inicio de la primavera se registró un pico de producción, sin diferencias entre profundidades y finalmente, el 10/06/13 se registró una producción significativamente más elevada de la profundidad mayor (60-90cm).

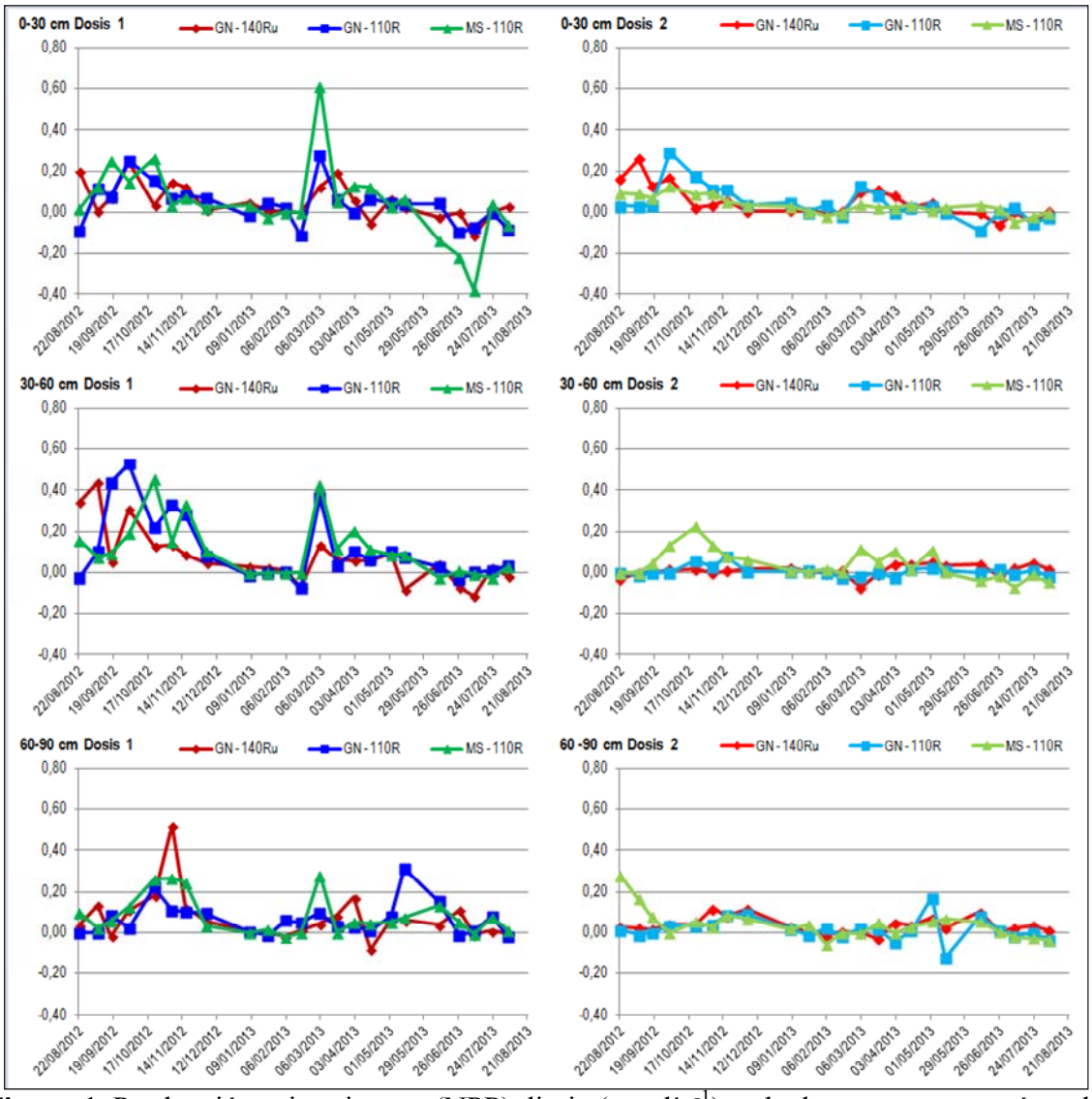


Figura 1. Producción primaria neta (NPP) diaria (cm·día^{-1}) cada dos semanas en raíces de cepas de 'Garnacha' injertada sobre 140Ru (rojo), 'Garnacha' injertada sobre 110R (azul) y 'Marselán' injertado sobre 110R (verde). A la izquierda se representa el tratamiento de riego control (Dosis 1) y a la derecha el tratamiento de riego reducido (Dosis 2). De arriba abajo se desglosan las profundidades de suelo: 0-30 cm, 30-60 cm y 60-90 cm. Los datos son media de n = 10.

Estos resultados indican la progresiva colonización de todo el perfil del suelo en plantas más jóvenes, mucho más rápida en la dosis control que en la dosis reducida. El factor más significativo, la disponibilidad hídrica, hace que las diferencias entre materiales vegetales desaparezcan cuando la dosis es más reducida. Se ha observado mayor producción durante la época de crecimiento vegetativo, a la vez que el crecimiento del dosel, y una reducción durante el verano que coincide con el envero y maduración del fruto, pero también con la época de mayor demanda evaporativa y déficit hídrico, no siendo posible discriminar entre ambos factores. Al igual que en Eissenstat et al. (2006), se ha observado que aunque no muy elevado, dependiendo de la dosis hídrica hay crecimiento no sólo como destaca la bibliografía más clásica (Mullins et al., 1992),

alrededor de floración y en postcosecha, sino que el crecimiento radicular es más amplio dependiendo del material vegetal y de las condiciones edafoclimáticas.

Al analizar el crecimiento en el conjunto del año (Figura 2). La NPPa (cm·año^{-1}) revela diferencias significativas entre profundidad y dosis, pero no entre material vegetal, destacando que la profundidad media (30-60cm) de la dosis 1 (control) tuvo mayor producción que las profundidades media (30-60cm) y alta (60-90cm) de la dosis 2 (reducida). Aunque en plantas tan jóvenes y acabadas de instalar en el terreno, el cálculo de la tasa de recambio es desaconsejable, ya que el crecimiento inicial es muy superior a la mortalidad y no puede considerarse que haya recambio verdaderamente dicho (Lucak 2012) El cálculo revela una mayor tasa de recambio para 'Garnacha' sobre 110R que para los otros materiales y en la profundidad mayor (60-90cm) que en las capas más superficiales).

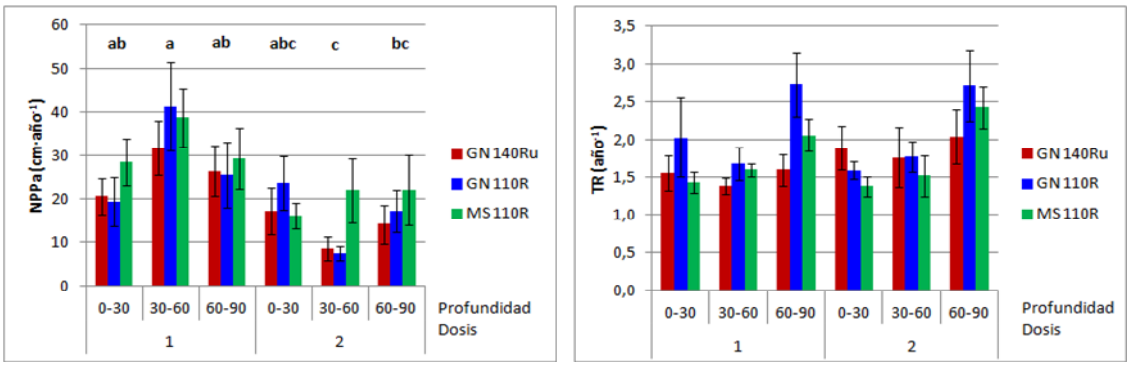


Figura 2. Izquierda: Producción primaria neta anual de raíces (cm), y tasa de recambio (año^{-1}) para cada profundidad (0-30 cm, 30-60 cm y 60-90 cm), dosis de riego (control (1) y reducido (2) y combinación de material vegetal (Garnacha' injertada sobre 140Ru, 'Garnacha' injertada sobre 110R y 'Marselán' injertado sobre 110R.

CONCLUSIONES

La dinámica del crecimiento de cepas jóvenes es altamente dependiente de la disponibilidad hídrica y en menor medida del material vegetal estudiado. Cuanto mayor es la restricción hídrica menos se diferencian las producciones de raíz de las diferentes combinaciones portainjertos-variedad. El crecimiento se produce tanto a lo largo de toda la época de crecimiento vegetativo primaveral como en otoño, aunque nunca llega a detenerse del todo, dependiendo de la profundidad, la disponibilidad y el material vegetal.

Agradecimientos

Este artículo ha sido posible gracias a la financiación del proyecto AGL2011-30408-C04-02.

Referencias

Aranda X, Grau B, Funes I, Molina AJ, Biel C, Save R, de Herralde F. (2013). A simplified method of root observation through picture sampling in rhizotrons: Choosing how much and how often. Poster. Belowground Carbon Turnover In European Forests (COST ACTION FP0803) Burdeos, Francia. 13–15 Mayo 2013.

Basoi, L., Hopmans, J., de Castro Jorge, L., Miranda de Alencar, C., and J. Moura e Silva. (2003). Grapevine root distribution in drip and microsprinkler irrigation. Sci. Agric. Vol. 60 nº 2.

Brunner, I., Bakker, M., Björk, R., Hirano, Y., Lukac, M., Aranda, X., Børja, I., Eldhuset, T., Helmisaari, H., Jourdan, C., Konôpka, B., López, B., Miguel Pérez, C., Persson, H., Ostonen, I., (2013). Fine-root turnover rates of European forests revisited: an analysis of data from sequential coring and ingrowth cores. Plant and Soil 362, 357-372.

Eissenstat, D.M., Lakso, A.N. Neilsen, D.. Smart, D.R. Bauerle T.L,.Comas, L.H and Neilsen. G.H. (2006). Seasonal patterns of root growth in relation to shoot phenology in grape and apple In: Retamales, J.B., Lobos, G.A. ActaHorticulturae 721. Proceedings of the Fifth International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Plants, pp. 21-26.

Lukac, M. (2012). Fine Root Turnover. In: S. Mancuso (ed.), Measuring Roots, DOI: 10.1007/978-3-642-22067-8_18, Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2012), 363-373.

Mullins, M.G., Bouquet, A. and Williams, L.E. (1992). Biology of the Grapevine. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.

Morlat, R., and A. Jaquet. (1993). The soil effects on the grapevine root system in several vineyards of the Loire valley (France). Vitis, v.32, p.35-42, 1993.

Nagarajah, S. (1987). Effects of soil texture on the rooting patterns of Thompson Seedless vines on own roots and on Ramsey rootstock in irrigated. American Journal of Enology and Viticulture, Davis, v.38, n.1, p.54-59.

Pongrácz, D.P. (1983). Rootstoocks for grapevines (David Philip Publisher: Cape Town, South Africa).

Savé R, Sabaté S, de Herralde F, Biel, C, Miguel C, Alsina MM, Fortea G, Grau B, Vilanova A, Tomàs E, Aletà N, Aranda, X. (2009). Could be the root systems of cultured plants an important carbon sink under global change conditions? Proc 8th Intl CO2 Conf. Jena (França).

Smart, D. R., Schwass, E., Lakso, A. and L. Morano. (2006). Grapevine rooting patterns: a comprehensive analysis and review. American Journal of Enology and Viticulture 57:89-104.

Tandonnet, JP; Cookson, S; Vivin, P; Ollat, N. (2010). Scion genotype controls biomass allocation and root development in grafted grapevine. Australian Journal of Grape and Wine Research 16 (2):290-300.

Vogt, K., Vogt D., and J. Bloomfield. (1998). Analysis of some direct and indirect methods for estimating root biomass and production of forest at an ecosystem level. Plant and Soil. 200:71-89.

Evaluación agronómica y enológica de la variedad Tempranillo blanco (*Vitis vinifera* L.) y de otras variedades minoritarias blancas de la D.O.Ca. Rioja

J. Martínez*, E. López, E. Baroja, D. Pérez, J.B. Chávarri y E. García-Escudero.

Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (Gobierno de La Rioja, CSIC y Universidad de La Rioja). Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agroalimentario (CIDA) de La Rioja. Carretera Logroño-Mendavia, NA-134, PK 90. 26071, Logroño (La Rioja). *E-mail: jmartinezg@larioja.org

Resumen

La preservación de los recursos genéticos es actualmente un tema prioritario en el ámbito vitivinícola. La variedad Tempranillo blanco surgió por mutación natural a partir de una cepa de Tempranillo tinto en 1987. Otras variedades minoritarias blancas como Maturana blanca y Turruntés fueron recuperadas en viñedos viejos de la zona. Estas tres variedades junto a Garnacha blanca y Malvasía riojana, consideradas minoritarias debido a su reducida superficie de cultivo, y la variedad Viura, como testigo de referencia, se evaluaron durante el período 2005-2013 a nivel agronómico y enológico en una parcela experimental ubicada en La Finca La Grajera (Logroño). Los resultados obtenidos confirmaron importantes diferencias en el desarrollo fenológico y en el comportamiento agronómico y enológico de las variedades estudiadas. Tempranillo blanco presentó el ciclo fenológico más corto y Turruntés el de mayor duración. Maturana blanca y Tempranillo blanco fueron las variedades de maduración más temprana, de menor producción, tamaño del racimo y de la baya e índice de Ravaz, y sus vinos presentaron un mayor grado alcohólico y acidez total, así como características organolépticas consideradas de mejor calidad. La variedad Turruntés mostró un comportamiento más próximo a Viura y Malvasía, que destacaron por su mayor rendimiento y condujeron a vinos de menor calidad. Las variedades Tempranillo blanco y Maturana blanca pueden aportar diferenciación a los vinos blancos de la D.O.Ca. Rioja, ya que únicamente se encuentran admitidas en las tres CCAA que la integran (La Rioja, Navarra y el País Vasco). Además, Tempranillo blanco por tratarse de una variedad de ciclo corto manifiesta amplias posibilidades de adaptación a diferentes zonas y condiciones climáticas, así como a la elaboración de distintos tipos de vinos, a los que aporta características organolépticas singulares. Asimismo, es preciso resaltar las expectativas que presenta la variedad Garnacha blanca, con producciones medias y características enológicas de calidad.

Palabras clave: Tempranillo blanco, Maturana blanca, Turruntés, Garnacha blanca, caracterización.

INTRODUCCIÓN

Las variedades de vid cultivadas actualmente son el resultado de un proceso de evolución y selección, en el que la influencia del hombre ha sido un factor importante. Su número se ha reducido de forma notable a lo largo del tiempo debido a muy diversas causas. Por ello, la preservación de los recursos genéticos es actualmente un tema

prioritario en todas las zonas vitícolas, con el fin de mantener la escasa variabilidad existente.

La variedad Tempranillo blanco surgió por mutación natural de una cepa de Tempranillo tinto en 1988 en la localidad de Murillo de Rio Leza (La Rioja). A partir de ese momento en el CIDA de La Rioja se procedió a la multiplicación del material vegetal y en 1995 se inició el estudio de su comportamiento vitícola y enológico (Martínez et al., 2006). Dicha variedad presenta hojas y racimos similares a Tempranillo tinto pero de menor tamaño, sus bayas tienen forma aplastada y el número de pepitas es menor en la variedad blanca. La principal diferencia entre ambas variedades es el color de la epidermis de la baya. Por ello, en los análisis mediante técnicas de biología molecular se observa un grado muy alto de similitud. Tempranillo blanco se encuentra inscrita en el Registro de Variedades Comerciales de España desde el año 2005 (Orden APA/4401/2004).

Por otra parte, en la Universidad de La Rioja desde 1995 se llevaron a cabo trabajos sobre recuperación de variedades de vid minoritarias que permitieron la creación de un pequeño banco de germoplasma para la conservación de los cultivares recuperados. Durante los años 1999-2003 el Consejo Regulador de la D.O.Ca. Rioja subvencionó el Proyecto "Variedades de vid minoritarias en la D.O.Ca. Rioja: posibilidades de cultivo y elaboración", desarrollado conjuntamente por el C.I.D.A. y la Universidad de La Rioja. Como resumen de los resultados obtenidos en este Proyecto (Martínez de Toda et al., 2004) se concluyó que entre las variedades blancas, Tempranillo blanco y Maturana blanca presentaban un gran interés por la composición de sus vinos (grado alcohólico, acidez total y compuestos aromáticos elevados) y sobre todo por su calidad organoléptica y la peculiaridad y diferenciación que pueden aportar a los vinos, ya que no se cultivan en ninguna zona vitícola. La variedad Garnacha blanca destacó por sus buenas características aromáticas y acidez elevada.

En la D.O.Ca. Rioja las variedades blancas autorizadas hasta el año 2008 fueron: Viura, Garnacha blanca y Malvasía. Únicamente la Viura ocupaba una superficie de cultivo importante (15%), pero en los últimos años se ha reducido de forma drástica, mientras que las otras dos variedades apenas aparecen representadas en el viñedo. Viura es una variedad presente en la mayor parte de las D.O. con numerosas sinonimias, que no siempre aporta características varietales muy acusadas a los vinos. Por ello, en el año 2007 el Consejo Regulador de la D.O.Ca. Rioja aprobó la incorporación de seis nuevas variedades blancas (Verdejo, Chardonnay, Sauvignon blanc, Tempranillo blanco, Maturana blanca y Turruntés), con el fin de mejorar la competitividad de los vinos blancos y adaptarlos a las demandas actuales del mercado.

El objetivo principal de este trabajo fue el estudio del comportamiento vitícola y enológico, en condiciones comparativas, de las variedades minoritarias blancas consideradas de mayor interés según las experiencias previas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se efectuó en una parcela experimental, situada en La Finca La Grajera (Logroño), propiedad del Gobierno de La Rioja, plantada el año 2003 sobre R-110, con un marco de plantación de 2,9 x 1,1, conducción en doble cordón, con 6 pulgares y 12 yemas por cepa, y diseño estadístico de 3 repeticiones por variedad de 100 cepas cada una.

Las variedades incluidas en este ensayo fueron las siguientes:

- Tempranillo blanco: variedad surgida por mutación natural de Tempranillo tinto en Murillo de Rio Leza (La Rioja), material obtenido de un único clon, procedente de la colección ampelográfica de variedades del CIDA.
- Maturana blanca: variedad procedente de la colección de variedades del CIDA.
- Turruntés: variedad recuperada en viñedos de Ábalos (La Rioja), sinonimia confirmada de Albillo mayor.
- Garnacha blanca: variedad autorizada en la D.O.Ca. Rioja, con una superficie de cultivo muy reducida.
- Malvasía riojana: variedad autorizada en la D.O.Ca. Rioja, cuya denominación principal es Alarije, y con escasa presencia en cuanto a superficie vitícola.
- Viura: variedad blanca mayoritaria en la D.O.Ca. Rioja, cuya denominación principal es Macabeo, y que se considera testigo en el ámbito del estudio.

Durante los años 2005 a 2013 se llevó a cabo el estudio de las variedades indicadas. La caracterización agronómica incluyó el control fenológico y la evaluación de parámetros productivos y de desarrollo vegetativo. La determinación de los estados fenológicos (brotación, floración, envero y maduración) se basó en la observación semanal de 5 cepas, considerando que se había alcanzado cada estado cuando el 50% de las plantas lo habían hecho. Los parámetros productivos se determinaron en el momento de la vendimia, mediante el control de: la producción unitaria (kg uva/cepa), el número de racimos (nº racimos/cepa), el peso medio del racimo (g) y de la baya (g) y la fertilidad (nº racimos/sarmiento). El desarrollo vegetativo se estimó mediante el peso de madera de poda (kg/cepa) y para valorar el equilibrio entre producción y vigor se calculó el Índice de Ravaz (cociente entre la producción unitaria y el peso de madera de poda).

En la caracterización enológica se incluyó el estudio de maduración de las variedades, la vinificación y la evaluación analítica y organoléptica de los vinos elaborados. El seguimiento de la maduración de la uva se efectuó semanalmente a partir del envero, mediante muestreo de 200 bayas por repetición y variedad, para la determinación de: peso de 100 bayas, grado probable, pH y acidez total. En el momento previo a la vendimia además de los parámetros anteriores se incluyeron: ácido tartárico, ácido málico, potasio e IPT 280 nm. Se elaboraron unos 200 kg de uva por variedad mediante el sistema tradicional, con estrujado sin despalillado y prensado suave. Los mostos se desfangaron con enzimas pectolíticas a baja temperatura y la fermentación alcohólica se llevó a cabo con siembra de levaduras comerciales a 20ºC. En los vinos obtenidos se determinaron los siguientes parámetros: grado alcohólico, pH, acidez total, ácido tartárico, ácido málico, potasio, D.O. 420 nm e IPT 280 nm. Para el análisis organoléptico se contó con un comité de cata integrado por 10 catadores profesionales, que valoraron las fases visual, olfativa (intensidad y calidad), gustativa (intensidad y calidad) y armonía con puntuaciones decrecientes al aumentar la calidad.

El estudio estadístico de los resultados se realizó mediante el análisis de varianza ANOVA y en caso de existir diferencias significativas, $p< 0.05$, se utilizó el test de Tukey para la separación de medias. También se aplicó un análisis multivariante mediante análisis canónico discriminante (programa estadístico SPSS versión 15.0).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las fechas medias de los principales estados fenológicos para cada variedad se muestran en la Tabla 1. Entre las variedades estudiadas, Maturana blanca y Garnacha blanca se pueden clasificar como de brotación temprana, mientras que Malvasía, Viura y Tempranillo blanco fueron las más tardías. Estas diferencias únicamente se mantienen al avanzar el ciclo vegetativo en Maturana blanca, que sigue siendo temprana en todos los estados fenológicos, y Malvasía y Viura tardías. La duración del ciclo vegetativo fue claramente diferente entre Tempranillo blanco y Turruntés. Tempranillo blanco, por tratarse de una variedad de ciclo corto presenta amplias posibilidades de adaptación a diferentes zonas y condiciones climáticas. Turruntés mostró un comportamiento diferente al observado en ensayos anteriores (Martínez de Toda et al., 2004), resultando bastante tardía y muy próxima a Viura y Malvasía, excepto en el momento de envero.

Tabla 1. Fechas medias de los principales estados fenológicos y duración del ciclo vegetativo en variedades minoritarias blancas (Logroño, 2005-2013).

Variedad	**Brotación**	**Floración**	**Envero**	**Maduración**	**Días ciclo**
Tempranillo	10 abril	7 junio	15 agosto	6 septiembre	186 ± 12 b
Maturana	4 abril	3 junio	21 agosto	8 septiembre	190 ± 16 ab
Turruntés	7 abril	8 junio	12 agosto	28 septiembre	214 ± 11 a
Garnacha	4 abril	6 junio	22 agosto	25 septiembre	209 ± 9 ab
Malvasía	8 abril	8 junio	29 agosto	30 septiembre	214 ± 9 ab
Viura	8 abril	8 junio	28 agosto	26 septiembre	210 ± 10 ab

Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas según el test de Tukey $p<0.001$

Los resultados de la evaluación agronómica de las diferentes variedades se exponen en la Tabla 2. La producción fue más elevada en Viura y Malvasía, aunque sin diferencias significativas respecto a Maturana blanca, Garnacha blanca y Turruntés. Tempranillo blanco presentó un rendimiento más moderado, únicamente diferente a Viura y Malvasía.

El número de racimos por cepa fue menor en Malvasía y Viura, pero su tamaño fue claramente superior al resto de variedades. El mayor número de racimos correspondió a Maturana blanca, siendo su tamaño el más pequeño, y similar a Tempranillo blanco. En cuanto al tamaño de la baya, los valores más elevados correspondieron a Turruntés, Malvasía y Viura, y el más bajo a Maturana blanca. Esta variedad ha resultado ser la más fértil y vigorosa, aunque sin diferencias en la madera de poda con Tempranillo blanco. El valor más elevado de I. Ravaz correspondió a Viura, mientras que el más bajo se obtuvo en Tempranillo blanco, siendo bastante similar al considerado equilibrado en cuanto a producción y desarrollo vegetativo en la variedad tinta de la que deriva.

Tabla 2. Parámetros agronómicos medios en variedades minoritarias blancas (Logroño, 2005-2007).

Variedad	Producción (kg/cepa)	Racimos /cepa	Peso racimo (g)	Peso 100 bayas (g)	Fertilidad	Madera (g/cepa)	I. Ravaz
Tempranillo	2,37±0,73 b	16±2,32 ab	145±40 c	160±22 ab	1,49±0,1 abc	643±22 a	4,2±1,9 b
Maturana	2,71±1,0 ab	19±3,42 a	139±44 c	128±22 b	1,95±0,15 a	674±273 a	4,7±2,0 ab
Turruntés	3,85±1,26 ab	14±3,29 bc	281±75 ab	189±39 a	1,42±0,38 abc	463±27 ab	9,3±3,0 ab
Garnacha	3,42±1,40 ab	17±3,21 ab	205±74 bc	176±33 ab	1,66±0,16 ab	585±22 ab	6,7±4,3 bc
Malvasía	4,15±1,5 a	12±2,71c	351±126 a	195±28 a	1,18±0,22 bc	501±22 bc	9,0±3,3 abc
Viura	4,32±1,60 a	12±1,86 c	369±115 a	181±40 a	1,06±0,13 c	405±18 b	12,2±5,7 a
G.S.	***	***	***	***	***	*	***

G.S.: (*) p<0,05, (**) p<0,01, (***) p<0,001 y NS no significativo.
Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas según el test de Tukey.

El análisis canónico discriminante aplicado a los resultados agronómicos proporcionó 2 funciones discriminantes (Figura 1A). La Función 1 explicó el 70,8% de la varianza y los parámetros con más peso fueron el número de racimos por cepa y la producción. Esta función permitió la separación de dos grupos de variedades, por un lado Viura, Malvasía y Turruntés y por otro Tempranillo blanco, Maturana blanca y Garnacha blanca. La Función 2 (16,7% de la varianza) determinada por el peso del racimo y de la baya dio lugar a cierta separación entre Garnacha blanca y el resto de variedades.

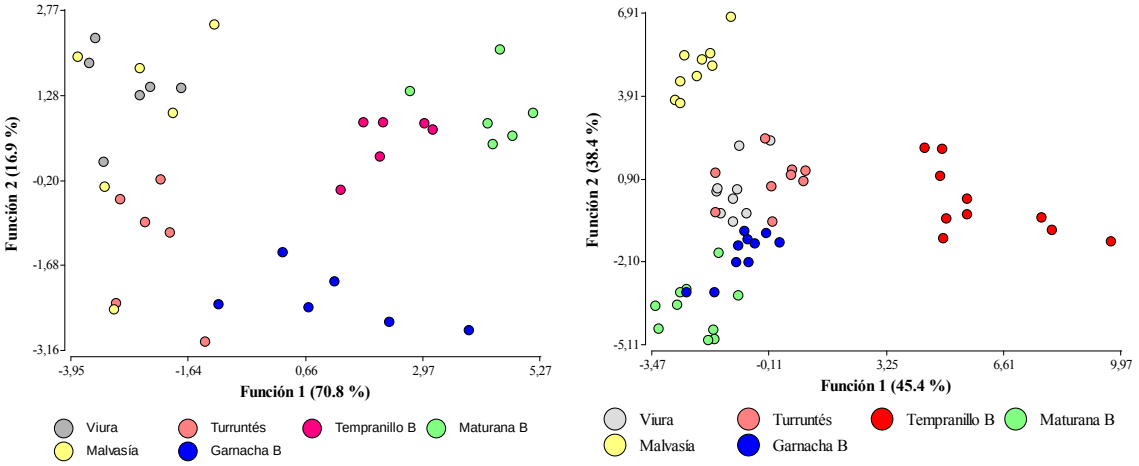


Figura 1. Análisis canónico discriminante de los parámetros agronómicos (A) y de la composición de la uva en el momento de vendimia (B).

En la composición de la uva se observaron notables diferencias entre las variedades estudiadas, que se mantuvieron posteriormente en los vinos elaborados. La

aplicación del análisis canónico discriminante a los resultados de la composición de la uva se muestra en la Figura 1B. La Función 1 (45,4% varianza) permitió una total separación de Tempranillo blanco y el resto de variedades, y las variables con más peso fueron la acidez total y el ácido málico. La Función 2 (38,4% varianza) separó las variedades Malvasía y Maturana blanca (no totalmente diferenciada de Garnacha blanca) siendo las variables con mayor peso el grado probable y el ácido tartárico.

Los vinos obtenidos con Tempranillo blanco alcanzaron valores elevados de grado alcohólico, ácido málico y polifenoles totales (Tabla 3). La variedad Malvasía presentó los contenidos más bajos de grado alcohólico, acidez total, ácido tartárico y ácido málico, y el más alto de potasio. Los valores de pH, fueron en general bajos en todos los vinos, sobre todo en Garnacha blanca, y los de acidez total y ácido tartárico elevados, destacando igualmente la variedad Maturana blanca. Tempranillo blanco destacó por un contenido de polifenoles totales más elevado que el resto de variedades (Martínez et al., 2012), siendo los vinos de Turruntés y Viura los más ligeros.

Tabla 3. Composición media de los vinos elaborados con variedades minoritarias blancas (Logroño, 2005-2013).

Variedad	Grado prob. (% vol.)	pH	Ac. Total ($g \cdot L^{-1}$)	Tartárico ($g \cdot L^{-1}$)	Málico ($g \cdot L^{-1}$)	Potasio ($mg \cdot L^{-1}$)	IPT 280 nm
Tempranillo	13,6±0,58 a	3,22±0,11 ab	7,52±,02 a	6,63±0,48 bc	2,12±0,53 a	752±124 ab	7,62±1,31 a
Maturana	13,1±0,66 ab	3,08±0,11a b	7,47±0,77 a	8,05±0,87 a	1,28±0,38 b	693±144 ab	6,16±0,91 b
Turruntés	12,5±0,69 ab	3,20±0,11 ab	6,46±0,77 ab	6,39±0,66 bc	1,23±0,24 b	725±77 a	5,87±0,49 ab
Garnacha	12,9±0,55 ab	3,03±0,12 b	7,31±0,84 ab	7,23±0,58 ab	0,71±0,36 b	607±55 b	6,32±0,40 ab
Malvasía	11,6±1,19 b	3,28±0,17 a	5,81±1,17 b	5,15±0,69 d	0,69±0,17 b	693±106 ab	6,94±1,02 ab
Viura	12,8±0,74 ab	3,15±0,08 ab	6,33±0,72 ab	5,52±40 cd	0,96±0,25 b	1463±66 ab	5,11±0,42 b
G.S.	***	**	**	*	***	***	***

G.S.: (*) p<0,05, (**) p<0,01, (***) p<0,001 y NS no significativo.
Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas según el test de Tukey.

En la valoración organoléptica los vinos de Maturana blanca y Tempranillo blanco fueron muy bien evaluados en todas las campañas, con diferencias notables respecto al resto de variedades (Martínez et al., 2011). Malvasía dio lugar a vinos con la menor calidad sensorial, probablemente debido a su elevada sensibilidad a la oxidación.

CONCLUSIONES

Tempranillo blanco y Maturana blanca fueron las variedades de maduración más temprana, menor producción, tamaño del racimo y de la baya y sus vinos han presentado mayor grado alcohólico, acidez total y características organolépticas consideradas de mejor calidad. Estas variedades pueden aportar diferenciación a los vinos blancos de la D.O.Ca. Rioja, única en la que actualmente se encuentran admitidas. Tempranillo blanco

destaca por sus posibilidades de adaptación a diferentes zonas y condiciones climáticas, y de diversificación en la elaboración de vinos blancos.

Referencias

Martínez, J., Chávarri, J.B., Rubio, P., Baroja, E., García-Escudero, E. (2012). Variedades blancas minoritarias y tradicionales: una alternativa para la diferenciación de los vinos blancos de la D.O.Ca. Rioja. La Prensa del Rioja, 200: 20-23.

Martínez, J., Chávarri, J.B., Rubio, P., Rodríguez, R., Baroja, E., García-Escudero, E. (2011). Evaluación del comportamiento agronómico y enológico de la variedad Tempranillo blanco en la D.O.Ca. Rioja. XI Congreso Nacional de Investigación Enológica (GIENOL). Jerez de la Frontera, España. 1- 3 Junio 2011. Póster: Acta, pág 15-18.

Martínez, J., Vicente, T., Martínez, T., Chávarri, J.B., García-Escudero, E. (2006). Una nueva variedad blanca para la D.O.Ca. Rioja: el Tempranillo blanco. XIX Congreso Mundial de la Viña y el Vino (OIV). Logroño (La Rioja).

Martínez de Toda, F., Martínez, T., Sancha, J.C., Blanco, C., Martínez, J. (2004). Variedades minoritarias de vid en la D.O.Ca. Rioja. Ed. Gobierno de La Rioja. Monografías, nº12, pgs. 1-179.

El linaje del Tempranillo

A. Mena*[1,3], J. Martínez[1], J.L. Chacón[1], P.M. Izquierdo[1, 2], E. García[1], A. González[1] y M. Fernández-González[2,3]

1 Instituto de la Vid y el Vino de Castilla-La Mancha (IVICAM). Ctra. Toledo-Albacete s/n. 13700 Tomelloso (Ciudad Real). *E-mail: adelaida.mena@uclm.es
2 Fundación Parque Científico y Tecnológico de Albacete (PCYTA). Pº de la Innovación, 1. 02006 Albacete.
3 Instituto Regional de Investigación Científica Aplicada (IRICA). Universidad de Castilla-La Mancha, Edif. Marie Curie. Avda. Camilo José Cela, s/n. 13071 Ciudad Real.

Resumen

El análisis de 26 regiones microsatélites nucleares (nSSR) y de 5 regiones microsatélites de cloroplastos (cSSR) ha permitido establecer la genealogía del cv. Tempranillo (*Vitis vinifera* L.). Sus progenitores, y algunos posibles descendientes, han sido así detectados en el ámbito de una prospección de variedades minoritarias efectuada en el territorio de Castilla-La Mancha (CLM). A la identificación de 'Albillo Mayor' y 'Benedicto' como padres de 'Tempranillo' le ha sucedido la de algunos de sus descendientes: 'Coloraíllo', un cultivar tradicional presente en el viñedo de la comarca de La Manchuela, y dos Nuevos Genotipos (NG) denominados 'Albillo Dorado' y 'Moribel', frutos todos ellos de diferentes cruces con el cv. 'Moravia Dulce' y que han sido asimismo localizados en distintos parajes de esa comarca, así como el NG 'Coral', procedente de un cruce de 'Tempranillo' con otro NG: 'Gallera Dorada'. La descripción morfológica de todos ellos permitió establecer diferentes grados de similitud en según que órganos (pámpano, hoja adulta, racimo, baya) con progenitores y descendientes. Por fin, algunos rasgos agronómicos (fenología, porte, rendimiento…) y enológicos (parámetros físico-químicos de las uvas…) comunes, hasta hoy sólo parcialmente estudiados, sugieren un vínculo productivo, e incluso cualitativo, susceptible de ser manejado y aprovechado.

Palabras clave: descendiente, microsatélites, Nuevo Genotipo, progenitor, vínculo.

INTRODUCCIÓN

Castilla-La Mancha es la región vitícola más *importante* del mundo por la extensión de su viñedo: las más de 440.000 ha que dedica al cultivo de la vid representan en torno al 7% del viñedo mundial, el 14% del europeo y el 49% del español.

Las características del encepamiento son aquí un reflejo, aunque algo extremo, de lo que ocurre en el conjunto del país: porcentajes muy elevados de la superficie vitícola están cultivados por un reducido número de variedades. Concretamente, en nuestra región, aunque se cultive un amplio abanico de variedades, son las tradicionales Airén, con 209.000 ha y Tempranillo (Cencibel), con 71.000, las que predominan, alcanzando entre ambas el 64% de la superficie vitícola regional. Si computamos las superficies de otras tres variedades tradicionales: Bobal (37.000), Garnacha Tinta (20.000) y Monastrell (18.000), alcanzamos el 80% de nuestro encepamiento, repartiéndose otro 15% entre variedades como Macabeo, Syrah, Garnacha Tintorera, Cabernet Sauvignon, Verdejo,

Merlot, Jaén Blanco y Tinto de la Pámpana Blanca (MAGRAMA, 2013). Se dedica el 5% restante al cultivo de variedades minoritarias.

Un vasto programa de prospección vitícola desarrollado en la Región durante la última década (Fernández-González et al., 2007; Mena, 2013) ha aclarado mucho la maraña varietal contenida en ese 5% de superficie, de la que forman parte hasta un centenar más de variedades, la mitad de las cuales acaban de ser sólo recientemente identificadas.

En este panorama, la correcta identificación y caracterización genética que certifican las modernas herramientas de la biología molecular ha permitido el establecimiento de relaciones de parentesco entre diversas variedades (Mena et al., 2014), dos de las cuales parecen haber tenido un papel muy relevante en el proceso de diferenciación varietal en esta parte de la Península: Moravia Dulce o Crujidera y Tempranillo. Es precisamente a esta última, Tempranillo, una de las variedades de uva tinta más prestigiosas y la más extensamente cultivada en España (205.975 ha.), a que dedicamos este trabajo, con el que pretendemos contribuir al mejor conocimiento de su linaje, de las variedades emparentadas con ella de forma directa (progenitores y descendientes); de sus semejanzas y diferencias a niveles ampelográfico y productivo, que permiten inferir alternativas susceptibles de ser aprovechadas en el ámbito enológico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Las accesiones de las diez variedades incluidas en el presente trabajo han sido detectadas en el ámbito del programa de prospección vitícola citado y, en su mayoría, se encuentran establecidas en la Colección de Variedades de Vid de CLM (CCVCLM), que la JCCM conserva en el IVICAM (http://pagina.jccm.es/ivicam/servicios/banco.html).

Análisis de microsatélites

Un total de 429 accesiones pertenecientes a 158 genotipos de vid distintos fueron analizadas genéticamente para su correcta identificación y para establecer posibles relaciones de parentesco entre ellos. Estaban aquí incluidas las accesiones pertenecientes a los cultivares en estudio (Mena et al., 2014).

La extracción de ADN se realizó a partir de hojas jóvenes y sarmientos de vid, y la identificación varietal se llevó a cabo mediante el análisis de 10 regiones microsatélites nucleares (nSSR) (Mix D) (Fernández-González et al., 2012), entre las que se incluían los descriptores OIV 801 a OIV 806 (OIV, 2009). Además, con el fin de tratar de establecer posibles relaciones de parentesco, se amplió el análisis a un total de 26 nSSR. También se analizaron 5 loci de cloroplastos (cSSR) de acuerdo con las condiciones descritas por Fernández-González et al. (2012); al tener éstos una herencia exclusivamente materna, nos ayudan a poder conocer el origen de las variedades dependiendo de los haplotipos obtenidos (Arroyo-García et al., 2002).

Caracterización ampelográfica

Para la caracterización morfológica de las variedades envueltas en la genealogía del cv. Tempranillo se trabajó con la selección de descriptores OIV, UPOV y Bioversity realizada por el IMIDRA, que incluye un total de 44 caracteres, estandarizados según las directrices establecidas por la OIV (2009). Únicamente el NG Coral permanece sin

describir morfológicamente ya que, al no haberse podido encontrar material vegetal sano, se encuentra aún en proceso de saneamiento (Mena, 2013).

Caracterización agronómica

Se realizaron controles fenológicos plurianuales sobre cada variedad descrita para precisar las fechas medias en que tienen lugar los estados fenológicos más importantes: brotación, floración, envero y maduración-madurez tecnológica.

Para determinar los rendimientos medios, se tuvieron en cuenta las producciones de varias campañas, no siempre las mismas para el total de variedades. Su valor se expresa en $t.ha^{-1}$

Caracterización enológica

Diferentes vinos monovarietales se han venido elaborando en sucesivas campañas para conocer las particularidades de los cultivares en estudio. Blancos tradicionales y con fermentación en barrica con los de uva blanca, Albillo Mayor y Albillo Dorado. Lo mismo, además de espumosos por el método tradicional, para el Coloraíllo. Tintos del año con los tintos Moravia Dulce y Benedicto. Rosados y de corta crianza, además, con Tempranillo y Moribel. Se utilizaron pequeños depósitos de 400 L de capacidad y, para las elaboraciones con estancia en madera, barricas de roble americano de 125 L.

Se determinaron en los vinos parámetros convencionales como el grado alcohólico, la materia seca, la acidez total y la volátil, el pH y los ácidos málico y láctico. También los parámetros CIELab, la intensidad colorante y los contenidos en catequinas, taninos, antocianos (caso de los rosados y tintos) y polifenoles totales.

Análisis sensorial

Los análisis sensoriales se llevaron a cabo por un panel entrenado de catadores, pasado un tiempo desde el embotellado, dependiente éste del tipo de vinificación. Los vinos se calificaron de acuerdo a la intensidad percibida de algunos descriptores visuales, aromáticos y gustativos presentes en los mismos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Paternidades y relaciones genéticas

En la Figura 1 se pueden observar los genotipos implicados en la genealogía del cv. Tempranillo. Confirmados los cultivares Albillo Mayor y Benedicto como padres de Tempranillo, así como el Coloraíllo como posible descendiente de aquel y de Moravia Dulce (sinonimias: Crujidera, Brujidera, Rucial y Marufo) (Ibáñez et al., 2012), la inclusión en nuestra base de datos de otras variedades desconocidas (NG), localizadas en CLM, permitió identificar otros dos NG: ‘Albillo Dorado’ y ‘Moribel’ como posibles descendientes de cruces entre Tempranillo y Moravia Dulce. También se localizó el NG ‘Coral’, posible descendiente de Tempranillo al cruzarse con ‘Gallera Dorada’, otro NG.

El análisis de microsatélites no mostró más relaciones genéticas de primer grado entre Tempranillo y otros cultivares, aunque se encontró también que Benedicto, ascendente de Tempranillo, compartía 34 de los 54 alelos analizados con ‘Gallera Negra’, otro NG, lo que permite colegir un elevado grado de parentesco entre ellos.

La herencia materna de los microsatélites de cloroplastos en vid (Arroyo-García et al., 2002) permite establecer la dirección de los cruces. Sin embargo, en el caso que nos ocupa, los dos progenitores de Tempranillo muestran el mismo haplotipo, por lo que ha sido la descripción de los órganos sexuales de la flor (OIV 151), lo que ha permitido identificar a Benedicto, con estambres reflejos, como el parental femenino.

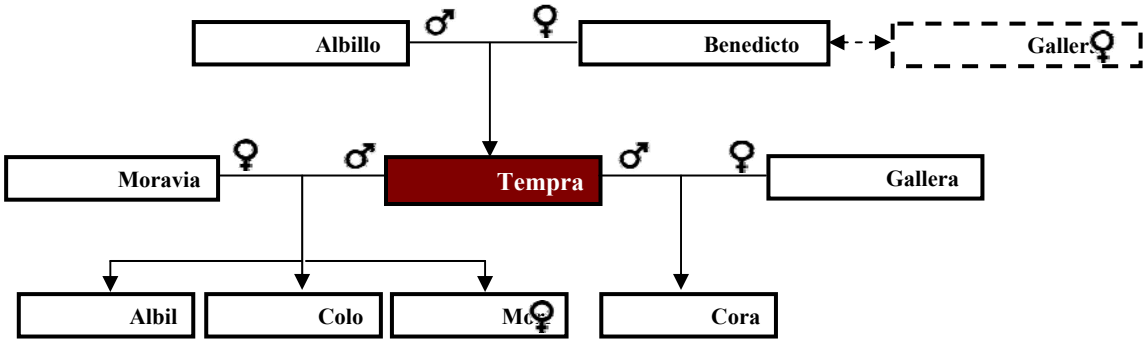


Figura 1. Genealogía del cv. Tempranillo.

Caracterización Ampelográfica

La descripción morfológica de los cultivares permitió establecer diferentes grados de similitud en según qué órganos (pámpano, hoja adulta, racimo, baya) con progenitores y descendientes (Mena, 2013).

Al comparar Tempranillo y sus parentales, encontramos que globalmente se parece más a Albillo Mayor, con quien comparte específicamente 10 caracteres morfológicos, mientras con Benedicto comparte específicamente solo 7, incluyendo el color de la baya, definitivo para la clasificación y uso en vinificación. Comparado con sus posibles descendientes por cruces con Moravia Dulce, resalta la semejanza de la hoja adulta de Albillo Dorado con la de Tempranillo, así como el color azul negro de las bayas de Moribel, único descendiente tinto.

Quizá el carácter más destacable del grupo sea la presencia de variedades con estambres reflejos, que parecen comportarse como femeninas: Benedicto, Moribel, y su parental femenino, Moravia Dulce, así como los NG, 'Gallera Dorada' y 'Gallera Negra', esta última relacionada con Benedicto. Dicho carácter resulta interesante: nos ayuda a establecer la dirección de los cruces y es considerado un rasgo ancestral en la evolución de *Vitis vinifera*. Uno de los cambios cruciales vinculados al proceso de domesticación de la vid fue el paso de plantas dioicas (en las formas silvestres) a monoicas hermafroditas (en las formas cultivadas), debido a que éstas garantizan la polinización y la producción (Moreno, 2011). Así, la presencia de variedades femeninas nos puede dar cierta idea de la posible antigüedad del material y, además, tiene implicaciones enológicas de calado.

Caracterización Agronómica

En general, desde el punto de vista fenológico, el grupo presenta un ciclo corto: las brotaciones resultan bastante precoces, ya que tienen lugar durante la segunda semana de abril como media, alcanzando la madurez tecnológica antes de que expire el mes de

agosto. Solo el cv. Moribel, que alarga un poco más el ciclo, a semejanza del de su parental Moravia Dulce y, sobre todo, el NG 'Gallera Negra', que necesita un largo tiempo de maduración, se salen de la pauta.

Exceptuando Moravia Dulce, con 13,5 $t.ha^{-1}$ como media y, en menor medida, 'Albillo Dorado', con 10 $t.ha^{-1}$, el resto de cultivares resulta poco productivo: las 7,5-8 $t.ha^{-1}$ son la norma, que solo contraviene las poco más de 8,5 del Coloraíllo.

Caracterización Enológica

Por distintas razones, solo nos ocupamos de las 5 variedades implicadas, que resultan más desconocidas desde el punto de vista enológico. Albillo Mayor y, especialmente, Tempranillo han sido objeto de diversos tipos de estudios que evidencian sus buenas aptitudes enológicas. El cv. Moravia Dulce, que hemos estudiado durante algunos años, no presenta interés enológico: a los vinos de crujidera les falta capa y no pueden calificarse de tintos. Además, resultan poco expresivos a niveles aromático y gustativo. Se usa para producir uva de mesa y, sobre todo, uva para pasas (Colgadera), aunque no industrialmente.

Auque resulte minoritario, no es difícil encontrar el cv. Coloraíllo formando pequeños grupos en parcelas de otras variedades en la Manchuela albaceteña. Este proceder se relaciona con la búsqueda de producciones equilibradas ya en el viñedo, a base de mezclas de variedades, a las que el Coloraíllo aporta su graduación alcohólica.

Al madurar, la uva adquiere un débil tinte rosa-anaranjado. Sus producciones solo son aptas pues para elaborar vinos blancos, siendo muy recomendable un fino control de las maceraciones prefermentativas para evitar tonos rojizos inconvenientes. Vendimias efectuadas en el momento óptimo de madurez son aptas para elaboraciones de calidad, con aromas afrutados (albaricoque, plátano), florales (hinojo, violeta) y algo melosos. En boca, los vinos tienen buena presencia, son voluminosos, incluso untuosos, y con un deje muy agradable. Elaborados con *battonage*, se dilatan, ampliándose su perfil aromático y su carácter. Sus producciones presentan cualidades muy interesantes para ser elaboradas como vino base para espumosos de calidad, dados el justo equilibrio azúcar-acidez que presentan sus mostos para esas vinificaciones, la fácil toma de espuma y sus aptitudes para la crianza.

Aún en periodo de estudio para su inscripción en el RVC, el Albillo Dorado ocupa extensiones muy modestas, menores a 50 ha, en el término municipal de Villamalea, Albacete. El hecho de no haberlo encontrado más allá de esos límites municipales ampara su singularidad. Como ocurría en el cv. Coloraíllo, las bayas, de hollejo fino y pequeño tamaño, toman un débil tinte rosa-cobrizo en la madurez.

Los hollejos de sus uvas acumulan cantidades nada desdeñables de algunos monoterpenos y norisoprenoides (Chacón et al., 2012). Sus producciones permiten elaborar vinos ligeros, con aromas singulares a fruta fresca (manzana, piña) y anisados, que se vuelven algo melosos si la uva sobremadura, cosa nada difícil dada la notable precocidad con que alcanza la madurez.

La presencia del NG 'Moribel', del que se ha iniciado el procedimiento para su inscripción en el RVC, está constatada en la localidad de Madrigueras (Albacete). Es un cultivar versátil desde el punto de vista enológico: se pueden elaborar tintos tradicionales y crianzas, también rosados de atractivo color (Chacón et al., 2014). Son sápidos y

aromáticos, con predominio de las notas afrutadas: frutillos del bosque y fruta madura, pasificada. Falta por evaluar con precisión el posible incremento de pH en los vinos elaborados con maceraciones prolongadas, punto en el que se parece a los de Tempranillo y Benedicto.

Como el anterior, Benedicto es un cultivar prácticamente extinto: está presente solo como individuos aislados, en parcelas de otras variedades, en comarcas vitícolas del norte de la Región. Destaca el elevado porcentaje de *millerandage* que, año tras año, presentan sus racimos. Este rasgo, relacionado con la traba a la autopolinización por su condición *femenina*, determina en buena medida su producción. Los vinos, con buena capa, son cálidos en boca, algo pobres en acidez. La paleta aromática combina lo afrutado (ciruela, pasa,…) con lo empireumático (humo, caramelo tostado).

Emparentado con Benedicto está el NG 'Gallera Negra', otro cultivar prácticamente extinto del que únicamente hay referencias de cultivo en Arrancacepas (Cuenca). Las elaboraciones efectuadas delatan su bajo potencial enológico: el larguísimo proceso de maduración compromete un contenido adecuado de acidez en los mostos que, además, quedan pobres de azúcares. Aunque resulten afrutados de aroma, los vinos son muy ligeros, algo insulsos y con una deficiente intensidad de color.

CONCLUSIONES

Una vez aclarado, al menos en parte, el linaje del Tempranillo, conocidas las variedades emparentadas directamente con él (progenitores y descendientes), era preciso conocer sus aptitudes desde la óptica vitivinícola. Tres de ellas: Coloraíllo, Albillo Dorado y Moribel, posibles descendientes de su cruce con Moravia Dulce, han revelado su idoneidad para producir uvas de calidad, capacitadas para responder a diferentes objetivos de vinificación con resultados satisfactorios.

Referencias

Arroyo-García, R., Lefort, F., De Andrés, M.T., Ibáñez, J., Borrego, J. (2002). Chloroplast microtallite polymorphisms in *Vitis* species. Genome, 45, 1142-1149.

Chacón, J.L., García, E., Martínez, J., Mena, A., Izquierdo, P.M. (2012). Comparison of aromatic composition of an endangered variety ('Albilla Dorada') with other recognized aromatic varieties. Vitis 51(1), 15-17.

Chacón, J.L., Martínez, J., Mena, A., García, E., Fernández-González, M., Izquierdo, P.M. (2014). Moribel: a new genotype to integrate into the varieties catalogue of the Manchuela wine region (Spain). Xth International Terroir Congress. Tokaj-Eger (Hungary), 7-10 July. Proceedings Vol.2, pag. 166-170.

Fernández-González, M., Mena, A., Izquierdo, P., Martínez, J. (2007). Genetic characterization of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars from Castilla La Mancha (Spain) using microsatellite markers. Vitis, 46(3), 126-130.

Fernández-González, M., Mena, A., Martínez, J. (2012). Identification and relationships of grapevine cultivars authorized for cultivation in Castilla La Mancha (Spain). American Journal of Enology and Viticulture, 63(4), 564-567.

Ibáñez, J., Muñoz-Organero, G., Zinelabidine, H., De Andrés, M.T., Cabello, F., Martínez-Zapater, J.M. (2012). Genetic origin of the grapevine cultivar Tempranillo. American Journal of Enology and Viticulture, 63(4), 549-553.

MAGRAMA (2013). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Encuestas sobre superficies y rendimientos de cultivos, Estadísticas Agrarias, Agricultura (Esyrce). http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/regulacion-de-los-mercados/informe-potencial-vit%C3%ADcola-2013_tcm7-322416.pdf (consultado en Junio, 2014).

Mena, A. (2013). Recuperación, caracterización y conservación de variedades de vid (*Vitis vinfiera* L.) minoritarias de Castilla-La Mancha. Tesis Doctoral. Universidad de Castilla-La Mancha.

Mena, A., Martínez, J., Fernández-González, M. (2014). Recovery, identification and relationships by microsatellite analysis of ancient grapevine cultivars from Castilla-La Mancha: the largest wine growing region in the World. Genetic Resources and Crop Evolution, 61, 625-637.

Moreno, P. (2011). Caracterización de los recursos genéticos de vid (*Vitis vinfiera* L.) del Principado de Asturias. Tesis Doctoral, Córdoba.

OIV (2009). Organisation Internationale de la Vigne et du Vin OIV, 2009. 2nde Édition de la Liste des Descripteurs OIV pour les Variétés et Espèces de *Vitis*. Ed. Office Internacional de la Vigne et du Vin, Paris, France, 179 pp.

Recuperación e identificación de variedades antiguas prospectadas en viñedos de Navarra

J. Urrestarazu*, C. Miranda, L.G. Santesteban y J.B. Royo.

Departamento de Producción Agraria, Universidad Pública de Navarra. Campus de Arrosadía, 31006, Pamplona. *E-mail: jorge.urrestarazu@unavarra.es

Resumen

La reconstitución del viñedo navarro tras la crisis filoxérica fue llevada a cabo casi exclusivamente con la variedad 'Garnacha' y por tanto, en las parcelas más antiguas de esa variedad es donde todavía es posible recuperar otras que se cultivaban hasta el siglo pasado en la región, dado que entonces era habitual mezclar en una pequeña proporción variedades tradicionales de la zona junto con la principal. En el año 2008 se realizó una prospección en la mayor parte de los viñedos navarros de más de 50 años con el objetivo principal de recuperar la diversidad intravarietal de 'Garnacha' que aún existe en la región y, paralelamente, encontrar también cepas de otras variedades diferentes que convivían con ésta en aquella época. En conjunto se han recogido casi 4.000 plantas de las que, al menos 197 muestran un fenotipo diferente al de 'Garnacha'. El objetivo de este estudio fue determinar la identidad varietal de estas 197 plantas. Mediante el uso de 25 microsatélites se detectaron 33 genotipos únicos, y tras comparar sus perfiles alélicos con los incluidos en distintas bases de datos nacionales e internacionales, fueron identificadas 28 variedades. Además, se apreció la existencia de dos tipos de variación intravarietal: i) ligeras variaciones en la longitud de algún alelo entre algunas plantas identificadas como 'Mazuelo', 'Rojal' o 'Miguel de Arco'; y ii) aparición de tres alelos en algunas plantas identificadas como 'Viura', 'Mandón', 'Mazuelo', 'Morate' y 'Castellana Blanca'. En conjunto se ha puesto de manifiesto el interés de este tipo de prospecciones de cara a mantener la biodiversidad que todavía se conserva en los viñedos actuales.

Palabras clave: identidad, *Vitis vinifera* L., vid, microsatélites, SSR, mutación somática.

INTRODUCCIÓN

La reconstitución del viñedo navarro tras la crisis filoxérica fue llevada a cabo casi exclusivamente con la variedad 'Garnacha'. La expansión de dicha variedad en la región ya había comenzado desde mediados del siglo XIX durante la 'crisis del oídio', ya que dicha variedad mostró ser una de las más resistentes a este patógeno (Huetz de Lemps, 1993). Por ello, los viñedos más antiguos que aún pueden encontrarse en Navarra corresponden a la variedad 'Garnacha', y es por tanto en estos viñedos donde es más probable encontrar variedades que se cultivaban en la región durante el siglo pasado, ya que la inclusión de plantas de variedades diferentes a la principal era una práctica relativamente frecuente en el pasado. Durante las últimas décadas, en Navarra, al igual que en otras regiones españolas, se están arrancando las plantaciones más antiguas y están siendo reemplazadas por variedades ampliamente conocidas, muchas de ellas de origen foráneo. Como consecuencia de ello, se está produciendo una pérdida importante de variedades tradicionales presentes en los viñedos más viejos. En este contexto, en el año 2008 se realizó una prospección en la mayor parte de los viñedos navarros de más de 50

años con el objetivo principal de recuperar la diversidad intravarietal de 'Garnacha' que aún existe en la región y, paralelamente, encontrar también cepas de otras variedades diferentes que convivían con ésta en aquella época. En conjunto se han recogido casi 4.000 plantas de las que, al menos 197 muestran un fenotipo diferente al de 'Garnacha'. El objetivo de este estudio fue conocer la identidad varietal de estas 197 plantas que se cultivaban en los viñedos más antiguos de Navarra junto a 'Garnacha'.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se aisló el ADN de las 197 plantas a partir de hojas jóvenes mediante el kit de extracción Dneasy® Plant Mini Kit (Qiagen) y se analizaron 25 SSR distribuidos en los 19 grupos de ligamiento de la vid (Doligez et al., 2006) a través de tres PCR múltiples siguiendo los protocolos descritos en Ibáñez et al. (2009). La identidad varietal de las plantas prospectadas fue determinada comparando los perfiles de SSR obtenidos con los perfiles únicos incluidos en la base de datos española de variedades de vid (www.sivvem.monbyte.com), en la base de datos europea de vid (www.eu-vitis.de) y el catálogo internacional de variedades de vid (www.vivc.de).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre las 197 plantas analizadas se detectaron 33 genotipos únicos, que permitieron identificar 28 variedades (Tabla 1), de las que 'Viura' y 'Tempranillo', en proporción similar representaban el 35% del material prospectado. La frecuencia del resto de variedades era significativamente menor. En la Memoria del Congreso Nacional de Viticultura celebrado el año 1912, se recoge la ponencia de García de los Salmones (1914) en la que se muestra el abanico varietal propio de cada región en la época prefiloxérica y de acuerdo con dicho autor, las variedades detectadas en nuestro estudio se podrían diferenciar en los siguientes grupos:

i) Variedades cultivadas en Navarra: 'Graciano', 'Mazuelo', 'Miguel de Arco', 'Morate', 'Rojal', 'Moscatel de Grano Menudo', 'Tempranillo' y 'Viura'.

ii) Variedades cultivadas en regiones limítrofes con Navarra: 'Alarije', 'Benedicto', 'Jaén', 'Garnacha Tintorera', 'Garnacho', 'Moristel', 'Moscatel Negro', 'Tinto Velasco' y 'Vidadillo'.

iii) Variedades cultivadas en zonas alejadas de Navarra: 'Airén', 'Castellana Blanca', 'Mandón', 'Palomino', 'Parellada', 'Tinto de Navalcarnero' y 'Verdejo'.

iv) Variedades no citadas en la Ponencia: 'Ambrosina', 'Chardonnay' 'Muscat of Alexandria' y 'Muscat Hamburg'.

En prospecciones recientes llevadas a cabo en Aragón (Buhner-Zaharieva et al., 2010; Casanova et al., 2011) se han encontrado una gran parte de las variedades anteriormente mencionadas. Es de destacar, que entre los viñedos más antiguos de Navarra se haya encontrado una planta de la variedad 'Chardonnay', aunque quizá no sea tan raro si se tiene en cuenta la proximidad y las relaciones históricas entre Navarra y Francia. Finalmente también son de destacar las 21 plantas que se agrupan en cinco genotipos, que no se han podido encontrar en ninguna de las bases de datos consultadas, y que muy probablemente correspondan a variedades muy marginales en riesgo de desaparición.

A pesar de que los marcadores SSR del tipo que habitualmente se emplean con fines de identificación varietal no permiten normalmente la detección de variabilidad intravarietal, debido a la escasa cobertura del genoma que ofrecen, en ocasiones han permitido la discriminación de clones de algunas variedades. En este estudio, los perfiles SSR de 14 de las 197 plantas estudiadas podrían sugerir la existencia de dos tipos de variaciones somáticas: denominamos "Tipo 1" a diferencias de tamaño de algún alelo en relación a los alelos considerados como referencia para una variedad específica, y "Tipo 2" a la aparición de tres alelos en algunos loci. Los análisis moleculares de las plantas que exhibieron perfiles de SSR ligeramente diferentes a lo esperado se repitieron partiendo de nuevas extracciones de ADN, y en todos los casos se confirmaron las variaciones detectadas en los primeros análisis.

Las variaciones somáticas de "Tipo 1" fueron detectadas para los loci VVMD32 en 'Miguel de Arco' (1 planta) y 'No identificada 1' (1 planta), VVIp60 en 'Rojal' (1 planta) y 'Mazuelo' (1 planta) y VVIv67 en una segunda planta de 'Mazuelo'. En todos los casos el tamaño de la variante alélica detectada fue de un incremento de 2pb respecto al alelo de referencia más cercano para el locus y variedad considerada. Estas diferencias menores podrían ser atribuibles a la adición de una unidad del motivo de repetición del SSR posiblemente generada por el deslizamiento de la ADN polimerasa durante la replicación (Eisen, 1999; Schlötterer y Tautz, 1992). La primera vez que se describió este fenómeno fue entre dos variedades sinónimas de 'Corinto negro' (Ibáñez et al., 2000). Ligeras diferencias de 2pb han sido descritas posteriormente entre clones de 'Chardonnay', 'Greco di Tufo', 'Muscat d'Alsace', 'Pinot Noir', 'Pinot Meunier' o 'Primitivo' (Riaz et al., 2002; Franks et al., 2002; Crespan, 2004; Moncada et al., 2006). Además, otras nueve plantas presentaron el mismo perfil molecular de plantas identificadas como 'Viura', 'Mandón', 'Morate', 'Mazuelo' y 'Castellana Blanca' para todos los SSR analizados excepto para uno (en una planta para dos SSR), en las que se detectó claramente la presencia de un tercer alelo (variaciones somáticas de "Tipo 2"). Cuatro plantas mostraron idéntico perfil que 'Viura' salvo por la aparición en tres plantas de un mismo tercer alelo en VVMD28, y en la cuarta el alelo adicional se observó en VVIp31. Con respecto a las otras variedades, dos plantas mostraron el mismo perfil de SSR de 'Castellana Blanca' exceptuando la presencia de un tercer alelo en VMC4f3.1, mientras que en una planta de 'Morate' y otra de 'Mandón' el tercer alelo se observó en VVIp31 y VVMD25, respectivamente. Por último, en una planta de 'Mazuelo' se observaron tres alelos claros en los loci VVMD28 y VVIp60. Este fenómeno es relativamente frecuente en vid, y ha sido previamente descrito en algunas variedades, tales como 'Primitivo' (Franks et al., 2002), 'Cabernet Sauvignon' (Moncada et al., 2006), 'Chardonnay' (Bertsch et al., 2005), 'Merlot' (Vélez e Ibáñez, 2012) o 'Cabernet Franc' y 'Riesling' (Pelsy et al., 2010). En la vid, el meristemo apical está formado por dos capas de células (L1 y L2), por lo que la presencia de tres alelos en un mismo locus podría asociarse a la presencia de estructuras quiméricas (Pelsy, 2010). Al extraer ADN, el genotipo resultante es una mezcla de las capas L1 y L2, por lo que la explicación más factible de la aparición de más de dos alelos por locus es que uno de ellos haya mutado en una de las dos capas celulares (Vélez, 2007).

CONCLUSIONES

En conjunto se ha confirmado que los viñedos más antiguos de la región aún siguen siendo un reservorio importante de diversidad, lo que prueba el interés de este tipo

de prospecciones de cara a mantener la riqueza varietal que todavía existe. Por otra parte, se ha puesto de manifiesto que la aparición de ligeras variaciones intravarietales detectadas en los perfiles de SSR ocurre con relativa frecuencia en esta especie, especialmente en el caso de variedades antiguas donde la probabilidad de que las mutaciones somáticas se acumulen y fijen son más altas.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Dpto. Industria del Gobierno de Navarra (proyecto IIM12818.RI.1) y por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (proyecto RF2012-00027-C05-02). Los autores desean agradecer su colaboración en las labores de prospección y propagación a Rafael García (Vitis Navarra Selección S.L.), así como a Javier Ibáñez y Silvia Hernáiz (ICVV) la información facilitada sobre las PCR múltiples utilizadas en este estudio.

Referencias

Bertsch, C., Kieffer, F., Maillot, P., Farine, S., Butterlin, G., Merdinoglu, D., Walter, B. (2005). Genetic chimerism of *Vitis vinifera* cv. Chardonnay 96 is maintained through organogenesis but not somatic embryogenesis. BMC Plant Biology, 5, 20.

Buhner-Zaharieva, T., Moussaoui, S., Lorente, M., Andreu, J., Núñez, R., Ortiz, J.M. and Gogorcena, Y. (2010). Preservation and molecular characterization of ancient varieties in Spanish grapevine germplasm collections. American Journal of Enology and Viticulture, 61, 557-562.

Casanova, J., Mozas, P. and Ortiz, J.M. (2011). Ampelography and microsatellite DNA analysis of autochthonous and endangered grapevine cultivars in the province of Huesca (Spain). Spanish Journal of Agricultural Research, 9, 790-800.

Crespan, M. (2004). Evidence on the evolution of polymorphism of microsatellite markers in varieties of *Vitis vinifera* L. Theoretical and Applied Genetics, 108, 231-237.

Doligez, A., Adam-Blondon, A.F., Cipriani, G. (2006). An integrated SSR map of grapevine based on five mapping populations. Theoretical and Applied Genetics, 113,369-382.

Eisen, J.A. (1999). Mechanistic basis for microsatellite instability. En: Goldstein D.B., Schlötterer C. (eds) Microsatellites: evolution and applications. Oxford University Press, Oxford, pp 34-48.

Franks, T., Botta R., Thomas, M.R. (2002). Chimerism in grapevines: implications for cultivar identity, ancestry and genetic improvement. Theoretical and Applied Genetics, 104, 192-199.

García de los Salmones, N. (1914). Memoria General del Congreso Nacional de Viticultura de Pamplona.

Huetz de Lemps, A. (1993). Vignobles et vins d'Espagne. Presses Universitaires de Bordeaux.

Ibáñez J, de Andrés M.T., Borrego, J. (2000) Allelic variation observed at one microsatellite locus between the two synonym grape cultivars Black Currant and Mavri Corinthiaki. Vitis, 39, 173-174.

Ibáñez, J., Vargas, A.M., Palancar, M., Borrego, J. and de Andrés, M.T. (2009). Genetic relationships among table-grape varieties. American Journal of Enology and Viticulture, 60, 35-42.

Moncada, X., Pelsy, F., Merdinoglu, D., Hinrichsen, P. (2006). Genetic diversity and geographical dispersal in grapevine clones revealed by microsatellite markers. Genome, 49, 1459-1472.

Pelsy, F. (2010). Molecular and cellular mechanisms of diversity within grapevine varieties. Heredity, 104, 331-340.

Pelsy, F., Hocquigny, S., Moncada, X., Barbeau, G., Forget, D., Hinrichsen, P., Merdinoglu, D. (2010). An extensive study of the genetic diversity within seven French wine grape variety collections. Theor Appl Gene Theoretical and Applied Genetics, 120, 1219-1231.

Riaz, S., Garrison, K.E., Dangl, G.S., Boursiquot, J.M., Meredith, C.P. (2002). Genetic divergence and chimerism within ancient asexually propagated winegrape cultivars. Journal of the American Society for Horticultural Sciences, 127, 508-514.

Schlötterer, C., Tautz, D. (1992). Slippage synthesis of simple sequence DNA. Nucleic Acids Research, 20, 211-215.

Vélez, M.D. (2007). Estudio de un sistema de marcadores microsatélites para la protección y defensa legal de variedades de vid (*Vitis vinifera* L.). Tesis Doctoral, Universidad de Alcalá.

Vélez, M.D., Ibáñez, J. (2012). Assessment of the uniformity and stability of grapevine cultivars using a set of microsatellite markers. Euphytica, 186, 419-432.

Tabla 1. Lista de genotipos y variedades identificadas.

Variedades	Número de plantas			
	Nº total	Con perfil de SSR normal	Con perfil atípico	
			Tipo 1	Tipo 2
Viura	36	32	–	4
Tempranillo	34	34	–	–
Vidadillo	17	17	–	–
No identificada 2	10	10	–	–
Alarije	8	8	–	–
Mandón	8	7	–	1
Moscatel de Grano Menudo	8	8	–	–
Miguel de Arco	7	6	1	–
Jaén*	6	6	–	–
Mazuelo	6	3	2	1
No identificada 1	6	5	1	–
Ambrosina	5	5	–	–
Morate	5	4	–	1
Parellada	5	5	–	–
Castellana Blanca	4	2	–	2
Muscat Hamburg	4	4	–	–
Moristel	3	3	–	–
Rojal	3	2	1	–
Tinto de Navalcarnero	3	3	–	–
Benedicto	2	2	–	–
Muscat of Alexandria	2	2	–	–
No identificada 3	2	2	–	–
No identificada 4	2	2	–	–
Tinto Velasco	2	2	–	–
Airén	1	1	–	–
Chardonnay	1	1	–	–
Garnacha Tintorera	1	1	–	–
Garnacho**	1	1	–	–
Graciano	1	1	–	–
Moscatel Negro	1	1	–	–
No identificada 5	1	1	–	–
Palomino	1	1	–	–
Verdejo	1	1	–	–
Total	197	183	5	9

En caso de sinonimias, se ha incluido la denominación recogida en la ponencia de García de los Salmones (1914); * Prime name: Cayetana Blanca; ** Prime name: Morrastel-Bouschet.

Base genética y molecular de la variación somática en la vid

J.M. Martínez-Zapater*[1], L. Fernández[2], R. Torres-Pérez[1], C. Royo[1], J. Grimplet[1], P. Carbonell-Bejerano[1], D. Lijavetzky[3], E. Baroja[1], J. Martínez[1], E. García-Escudero[1], y J. Ibáñez[1].

1 Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC, Universidad de La Rioja, Gobierno de La Rioja), Complejo Científico Tecnológico, C/Madre de Dios 51, 26006, Logroño, La Rioja, (España). *E-mail: zapater@icvv.es
2 INRA, UMR Biologie du Fruit et Pathologie, B.P. 81, 33883, Villenave d'Ornon Cedex (France).
3 Instituto de Biología Agrícola de Mendoza (IBAM), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Universidad Nacional de Cuyo (FCA-UNCuyo), Almirante Brown 500, M5528AHB, Chacras de Coria, Mendoza (Argentina).

Resumen

La variación genética somática puede contribuir a la variación fenotípica en plantas perennes. Esto es particularmente importante en especies cultivadas como la vid en la que muchas variedades se han propagado vegetativamente durante siglos. La variación fenotípica entre las líneas y clones que derivan de un zigoto original se deben a mutaciones y epimutaciones somáticas que afectan específicamente a células y líneas celulares de la planta. En la vid, se ha descrito la existencia de variación somática para muchos caracteres de las hojas, racimos o bayas. De hecho, esta variación somática es la fuente de diversidad empleada para la selección clonal, y ha contribuido a la mejora de las variedades de vinificación para su adaptación a nuevos requerimientos de calidad o de producción. Las herramientas genómicas disponibles pueden ayudar a conocer la base molecular de la variación somática. En los últimos años, varias investigaciones han identificado las mutaciones causantes de variantes somáticas en distintas variedades, que incluyen mutaciones puntuales, mutaciones causadas por elementos transponibles y reorganizaciones cromosómicas. El análisis comparativo de estos resultados permite extraer algunas conclusiones generales sobre el origen y amplitud de esta variación y sus posibilidades de utilización en la mejora genética de las variedades de vinificación.

Palabras clave: Variación somática, selección clonal; elementos transponibles; reorganizaciones cromosómicas, herramientas genómicas.

INTRODUCCIÓN

Los resultados de los trabajos ampelográficos y más recientemente los análisis genéticos con marcadores moleculares permiten considerar que pueden existir entre 5000 y 10000 genotipos varietales distintos en la vid (This et al., 2006). De ellos, casi 1500 se cultivan en diversas partes del mundo. Sin embargo, cuando se considera la superficie de cultivo dedicada a cada variedad se observa que tan sólo 16 variedades ocupan más de la mitad de la superficie mundial de cultivo (Tabla 1). Seis de ellas (Airén, Tempranillo, Bobal, Garnacha Tinta, Carignan Noir (Mazuelo) y Monastrell) son españolas y las tres primeras ocupan más de la mitad de la superficie de viñedo en nuestro país.

Tabla 1. Superficie mundial de cultivo de las variedades de vid más representadas.

Orden	*Variedad*	*Color*	*Origen*	*Área (ha)*	*%*	*% acumulado*
1	Cabernet Sauvignon	T	Francia	290091	6,3	6,30
2	Merlot	T	Francia	267169	5,8	12,11
3	Airén	B	España	252364	5,5	17,60
4	Tempranillo	T	España	232561	5,1	22,65
5	Chardonnay	B	Francia	198793	4,3	26,97
6	Syrah	T	Francia	185568	4,0	31,00
7	Garnacha Tinta	T	España	184735	4,0	35,02
8	Sauvignon Blanc	B	Francia	110138	2,4	37,41
9	Trebbiano Toscano	B	Italia	109772	2,4	39,80
10	Pinot Noir	T	Francia	86662	1,9	41,68
11	Mazuelo	T	España	80178	1,7	43,42
12	Bobal	T	España	80120	1,7	45,16
13	Sangiovese	T	Italia	77709	1,7	46,85
14	Monastrell	T	España	69850	1,5	48,37
15	Grasevina	B	Croacia	61200	1,3	49,70
16	Rkatsiteli	B	Georgia	58641	1,3	50,97

Dadas las relevancia económica de estas variedades en la elaboración de vino de calidad y sus genotipos únicos altamente heterocigóticos, su mejora genética en ausencia de transformación genética está limitada a la variación que muestren a nivel somático. Esta variación somática, bien sea espontánea o inducida, es la única fuente de variación que permite mejorar estas variedades conservando el genotipo varietal (Torregrosa et al., 2011). Esta variación somática puede permitir la adaptación de una variedad a nuevas condiciones de cultivo o a nuevas situaciones climáticas o sanitarias. Además, cuando aparece una variación cualitativa que genera la posibilidad de elaborar un nuevo producto puede ser la base para el desarrollo de nuevas variedades. Algunos ejemplos de estas nuevas variedades lo constituyen la serie de variedades derivadas de Pinot Noir, (Pinot Blanc, Pinot Gris, Pinot Meunier, etc.) o de Chasselas (Chasselas Doré, Chasselas Apyrène, Chasselas Cioutat, Chasselas Musqué, etc.) o la más reciente Tempranillo Blanco derivada de Tempranillo.

La variación somática es consecuencia de mutaciones que se producen en cualquier célula del organismo durante el proceso de división celular. Puede afectar a cualquier célula de la planta con capacidad de proliferación (generalmente células meristemáticas) y se transmitirá a todas las células descendientes. Si la mutación afecta a una de las células madres de las líneas celulares L1 o L2 de los meristemos apicales, la mutación se transmitirá a la mayor parte de las células generadas por ese meristemo en la línea celular correspondiente (Figura 1). Cuando la mutación llega a afectar a todas las células de la L1 o la L2 de una yema, puede transmitirse mediante reproducción vegetativa a una nueva planta. Además, si afecta a la L2 en un meristemo apical que genere flores y frutos, puede pasar a los gametos y transmitirse por vía sexual.

Figura 1. Variación somática afectando a sectores de la hoja y del fruto en la vid.

La mutación se produce espontáneamente con una cierta frecuencia y consecuentemente, los clones de una misma variedad que se han multiplicado vegetativamente, a veces durante siglos, siempre son quimeras portadoras de diferentes mutaciones en distintas líneas y grupos celulares. El uso de marcadores moleculares como microsatélites (Pelsy, 2010) o AFLP (Cervera et al., 2002) permite identificar variación en la secuencia nucleotídica entre clones de la misma variedad o entre brazos de la misma cepa. La secuenciación masiva ha permitido cuantificar la variación en la secuencia nucleotídica existente entre clones de Pinot Noir (Carrier et al., 2012). En cualquier caso, lo más relevante es identificar los cambios en la secuencia nucleotídica que son responsables de la variación fenotípica observada. En los último años, la disponibilidad de las secuencias genómicas de especies modelo de plantas y más recientemente de *Vitis vinifera*, ha generado información sobre los genomas vegetales y herramientas genómicas que en la actualidad permiten la identificación y caracterización de los genes y variantes génicas responsables de la variación somática observada en la vid. En la presente comunicación pretendemos revisar los resultados aportados por distintos grupos de investigación incluido el nuestro en la caracterización de variantes somáticas de vid y extraer conclusiones sobre la utilidad de este tipo de variación genética en la mejora genética de variedades de elite.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los materiales de estudio en este trabajo fueron las variantes somáticas y las plantas madre, o las líneas o clones originales. La comparación entre plantas originales y variantes somáticas se estableció a tres niveles: fenotípico, genético y genómico/transcriptómico (Fernández et al., 2010). El análisis fenotípico detallado de la variante somática tiene como fin establecer el momento y el tipo celular, tejido u órgano en el que la mutación somática afecta al desarrollo con consecuencias en el fenotipo final. Este análisis es fundamental para orientar los estudios genéticos y genómicos posteriores.

El análisis genético se basa en el estudio de la segregación del fenotipo. El objetivo es identificar si la variación fenotípica segrega en la descendencia de autofecundaciones o cruzamientos con otras variedades y su patrón de segregación. Los resultados informan de la dominancia del fenotipo, su control genético (mono- o poligénico) y de la línea celular afectada. La disponibilidad de plantas segregantes también será de utilidad para localizar a nivel cromosómico la variación genética responsable, caracterizar el alelo mutante del gen afectado y demostrar la relación entre la presencia de la mutación y el fenotipo.

El análisis genómico se basa en el uso de estrategias de análisis global de la expresión génica y/o estrategias de re-secuenciación genómica mediante secuenciación masiva. La primera aproximación permite la identificación de genes candidatos a estar afectados por mutaciones que alteren la expresión en *cis*. La secuenciación masiva permite identificar polimorfismos asociados a la variante y en algunos casos identificar la propia mutación causante de la variación fenotípica, ya sea puntual o consecuencia de reorganizaciones cromosómicas.

En ausencia de procedimientos eficientes de transformación genética de la vid, la confirmación de la relación causa efecto entre la mutación detectada y el fenotipo observado, puede obtenerse de la identificación de mutaciones independientes que generan un mismo fenotipo, del análisis de expresión alelo-específica, de la co-segregación de mutación y fenotipo en las progenies generadas y, en el caso de elementos transponibles, de la identificación de sucesos de reversión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hasta el momento en la vid se han podido identificar las causas moleculares de seis variaciones somáticas relevantes que afectan fundamentalmente a caracteres de la baya y que en muchos casos han dado lugar a nuevas variedades. Las mutaciones identificadas se agrupan en tres clases, mutaciones puntuales, inserciones/deleciones de elementos transponibles y reorganizaciones cromosómicas (Tabla 2).

Una mutación puntual que provoca un cambio aminoacídico en el dominio DELLA de la proteína GAI de *Vitis vinifera* provoca insensibilidad a giberelinas y es la causante del fenotipo dominante de entrenudo corto y elevada pilosidad característico de la variedad Pinot Meunier. Esta mutación se encuentra en células de la L1, y cuando se regeneran plantas completas a partir de ellas, tienen el desarrollo vegetativo y reproductivo alterado (Boss y Thomas, 2002). El aroma moscatel que presentan algunas variedades se ha podido asociar a la presencia de mutaciones dominantes que provocan sustituciones aminoacídicas en un dominio de la proteína DXS (1-desoxi-D-xilulosa-5-fosfato sintasa) que cataliza la primera reacción enzimática en la síntesis de compuestos terpénicos (Emanuelli et al., 2010). Estas mutaciones provocan que la actividad de la proteína no sea sensible a inhibición por el producto de la reacción (Battilana et al., 2011).

El origen de distintas variantes somáticas se ha asociado a la movilidad de elementos transponibles de distintos tipos. El primer caso identificado corresponde a la variación para el color rojo detectada en algunas variedades blancas de vid. La recuperación de color en estas variedades se asoció a la recombinación del elemento transponible de tipo I, *Gret1* que se encuentra insertado en el promotor del gen *VvMybA1*, un regulador fundamental de la síntesis de antocianos en la vid (Kobayashi et al., 2004), lo que impide su funcionalidad. La recombinación de *Gret1*, pese a que deja una secuencia LTR (*Long Terminal Repeat*) de unos 800 nt, permite una cierta recuperación de la expresión de *VvMybA1* y la producción de color. Inserciones de elementos transponibles de tipo II, se asociaron en la variedad Mazuelo (Carignan Noir) a la variante somática denominada RRM (*Reiterated Reproductive Meristems*) (Fernández et al., 2010) y a la variante FLB (*Fleshless Berry*) identificada en la variedad Ugni Blanc (Trebbiano Toscano) (Fernández et al., 2013). En el primer caso, la inserción de un elemento transponible de la familia Hatvine-1 en el promotor del gen *VvTFL1A* provoca su sobreexpresión en el ápice de la planta y de la inflorescencia ampliando el desarrollo

vegetativo y la ramificación de zarcillos y racimos. En el segundo, la inserción de un elemento transponible de la familia Mila en el promotor del gen *VvPI* provoca su expresión ectópica durante el desarrollo del fruto. Cuando esta expresión afecta a la línea celular L2 como en la variante FLB, las uvas resultantes apenas presentan células diferenciadas en la pulpa. Cuando la mutación afecta a todas las líneas celulares las flores son estériles. En ambos casos, se ha demostrado que la inserción de los elementos transponibles provoca un aumento de la expresión del alelo correspondiente del gen afectado o una desregulación de su expresión que genera un fenotipo dominante.

Tabla 2. Información genética y molecular disponible sobre variantes somáticas en la vid. FRT: Factor de regulación transcripcional. SC: Secuencia codificante. TI: Transposón de clase I. TII: Transposón de clase II. D: Dominante. R: Recesivo.

Variedad	Variante	Fenotipo	Gen	Función molecular	Polimorfismo funcional		Alteración funcional	Efecto
					Posición	Mutación		
Pinot Noir	Meunier	Enanismo	*VvGAI*	FRT	SC	Sustitución	Proteína modificada	D
Italia	Ruby O.	Uva roja	*VvMYBA1*	FRT	Promotor	TI	Expresión génica	D
Variedades	Rojas	Uva roja	*VvMYBA1*	FRT	Promotor	TI	Expresión génica	D
Cab. Sauvignon	Shalistin	Uva blanca	*VvMYBA*	FRT	Genes	Deleción	Pérdida génica	R
Pinot Noir	Blanc	Uva blanca	*VvMYBA*	FRT	Genes	Deleción	Pérdida génica	R
Carignan Noir	RRM	Racimo	*VvTFL1A*	FRT	Promotor	TII	Expresión génica	D
Variedades	Moscatel	Aroma	*VvDXS*	Enzima	SC	Sustitución	Proteína modificada	D
Treb. Toscano	FLB	Pulpa	*VvPI*	FRT	Promotor	TII	Expresión génica	D

Finalmente, variaciones somáticas de pérdida de color en la uva de variedades tintas se han asociado a la presencia de deleciones que afectan al alelo funcional del locus que controla el color de la uva en el cromosoma 2. En este locus complejo se localizan cuatro genes de la familia Myb y dos de ellos, *VvMybA1*, mencionado anteriormente, y *VvMybA2* regulan la síntesis de antocianos en el hollejo de la uva. La mayoría de las variedades tintas son heterocigóticas para este locus (Lijavetzky et al., 2006) y portadoras de un alelo nulo en el que ambos genes *VvMybA1* y *VvMybA2* son portadores de mutaciones que anulan su función (Walker et al., 2007). La pérdida de color por deleción del alelo funcional se ha descrito en la variante Shalistin de Cabernet Sauvignon (Walker et al., 2006), y en el origen de Pinot Blanc a partir de Pinot Noir (Furiya et al., 2008; Vezzulli et al., 2012). En el caso de Tempranillo Blanco, nuestro grupo ha identificado la presencia de deleciones que afectan a los cromosomas 2 y 5 asociadas a la pérdida de color. Estas deleciones se relacionan con una serie de reorganizaciones cromosómicas que incluyen translocaciones e inversiones y que están relacionadas con la presencia de elementos transponibles de tipo I y II. Las deleciones provocan la pérdida de una de las copias de un gran número de genes y afectan a la meiosis y la viabilidad de los gametos masculinos y femeninos con posibles efectos en el cuajado del fruto y en la producción.

CONCLUSIONES

El estudio de las causas genéticas y moleculares de la variación somática en la vid permite establecer algunas conclusiones generales. Con la excepción de las deleciones que afectan a alelos funcionales en *loci* heterocigóticos (locus de color en el cromosoma

2) que corresponden a mutaciones de pérdida de función, la mayor parte de los fenotipos observados son dominantes y producidos por mutaciones de ganancia de función. La dominancia es una condición necesaria para que una mutación en heterocigosis tenga un efecto fenotípico observable y seleccionable, bien afecte a una línea celular específica o a toda la planta. Estas mutaciones pueden afectar a la expresión del gen (caso de las variantes generadas por elementos transponibles), o a la función de la proteína (mutaciones puntuales). Las mutaciones de ganancia de función no están limitadas por la posible redundancia génica o funcional que exista en el genoma de la vid y pueden generar fenotipos nuevos no relacionados con la función biológica original de los genes afectados. Consecuentemente, cualquier fenotipo puede ser posible como resultado de este tipo de mutaciones y su producción e identificación depende exclusivamente del número de individuos para seleccionar y de una selección fenotípica eficiente. Por tanto la variación somática puede representar una herramienta muy útil en la mejora genética de variedades élite al generar nuevos fenotipos para un genotipo varietal mayoritariamente conservado.

Referencias

Battilana, J., Emanuelli, F., Gambino, G., Gribaudo, I., Gasperi, F., Boss, P.K., Grando, M.S. (2011). Functional effect of grapevine 1-deoxy-D-xylulose 5-phosphate synthase substitution K284N on Muscat flavour formation. Journal of Experimental Botany, 62, 5497–5508.

Boss, P.K., Thomas, M.R. (2002). Association of dwarfism and floral induction with a grape 'green revolution' mutation. Nature, 416, 847–850.

Carrier, G., Le Cunff, L., Dereeper, A., Legrand, D., Sabot, F., Bouchez, O., Audeguin, L., Boursiquot, J.M., This, P. (2012). Transposable elements are a major cause of somatic polymorphism in *Vitis vinifera* L. PLoS ONE, 7, e32973.

Cervera, M.T., Cabezas, J.A., Rodríguez-Torres, I., Chavez, J., Cabello, F., Martínez-Zapater, J.M. (2002). Varietal diversity within grapevine accessions known as Tempranillo. Vitis, 41, 33-36.

Emanuelli, F., Battilana, J., Costantini, L., Le Cunff, L., This, P., Grando, M.S. (2010). A candidate gene association study for muscat flavor in grapevine *Vitis vinifera* L. BMC Plant Biology, 10, 241.

Fernández, L., Torregrosa, L., Segura, V., Bouquet, A., Martínez Zapater, J.M. (2010). Transposon induced gene activation as a mechanism generating cluster shape somatic variation in grapevine. The Plant Journal, 61, 545-557.

Fernandez, L., Chaib, J., Martínez-Zapater, J.M., Thomas, M.R., Torregrosa, L. (2013). Misexpression of a *PISTILLATA-like* MADS-box gene prevents fruit development in grapevine. The Plant Journal, 73, 918-928.

Furiya, T., Suzuki, S., Sueta, T., Takayanagi, T. (2008). Molecular characterization of bud sport of Pinot Gris bearing white berries. American Journal of Enology and Viticulture, 59, 66–73.

Kobayashi, S., Goto-Yamamoto, N., Hirochika, H. (2004). Retrotransposon-induced mutations in grape skin color. Science, 304, 982–982.

Lijavetzky, D., Ruiz-García, L., Cabezas, J.A., De Andrés, M.T., Bravo, G., Ibáñez, A., Carreño, J., Cabello, F., Ibáñez, J., Martínez-Zapater, J.M. (2006). Molecular genetics of berry colour variation in table grape. Molecular Genetics and Genomics, 276, 427-435.

Pelsy, F. (2010). Molecular and cellular mechanisms of diversity within grapevine varieties. Heredity, 104, 331–340.

This, P., Lacombe, T., Thomas, M.R. (2006). Historical origins and genetic diversity of wine grapes. Trends in Genetics, 22, 511-519.

Torregrosa, L., Fernández, L., Bouquet, A., Boursiquot, J.M., Pelsy, F., Martínez-Zapater, J.M. (2011). Origins and consequences of somatic variation in grapevine, in *Genetics, Genomics, and Breeding of Grapes*. Science Publishers, 68-92.

Vezzulli, S., Leonardelli, L., Malossini, U., Stefanini, M., Velasco, R., Moser, C. (2012). Pinot blanc and Pinot gris arose as independent somatic mutations of Pinot noir. Journal of Experimental Botany, 63, 6359–6369.

Walker, A.R., Lee, E., Robinson, S.P. (2006). Two new grape cultivars, bud sports of Cabernet Sauvignon bearing pale-coloured berries, are the result of deletion of two regulatory genes of the berry colour locus. Plant Molecular Biology, 62, 623–635.

Walker, A.R., Lee, E., Bogs, J., McDavid, D.A.J., Thomas, M.R., Robinson, S.P. (2007). White grapes arose through the mutation of two similar and adjacent regulatory genes. The Plant Journal, 49, 772–785.

Nueva estrategia para el diseño de colecciones nucleares para estudios de asociación genética

A.M. Vargas[1], M.T. de Andrés[1] y J. Ibáñez[2].

1 Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA), Finca El Encín, Ctra. A2, 28800 Alcalá de Henares, Madrid.

2 Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC, Universidad de La Rioja, Gobierno de La Rioja), Edificio CCT, C/Madre de Dios 51, 26006 Logroño, La Rioja.

Resumen

Las colecciones nucleares son ampliamente utilizadas para diferentes fines, tanto en investigación como para conservación de germoplasma. En la actualidad, el proyecto RF2012-27, que aglutina a la práctica totalidad de colecciones nacionales de vid, tiene entre sus objetivos la creación de una colección nuclear de vid que represente la diversidad genética de la vid en España. Existen diferentes posibilidades para generar colecciones nucleares, en función del objetivo, pero resulta de interés producir colecciones nucleares que puedan servir para una amplia gama de aplicaciones. Uno de los métodos más comunes utiliza la estrategia de maximización alélica (M-strategy), basado en la selección, en una colección global, de aquellas accesiones que maximizan la riqueza alélica de la sub-colección o colección nuclear. Sin embargo, las clases minoritarias a menudo aparecen en una frecuencia muy baja en la colección nuclear, lo que puede representar un problema para algunas aplicaciones, como los estudios de asociación genética. En este tipo de estudios se intenta relacionar una determinada característica observable o medible (fenotipo) con un determinado cambio o polimorfismo en la secuencia de ADN (genotipo). En estos estudios, la existencia de clases fenotípicas y/o genotípicas con baja frecuencia puede dar lugar a la aparición de falsos positivos, asociaciones espurias que complican mucho el análisis. Asimismo, reducen la potencia del análisis, o capacidad para detectar asociaciones reales, dando lugar a la aparición de falsos negativos. En este trabajo se propone y evalúa una nueva metodología para construir colecciones nucleares utilizando la estrategia de maximización en pasos secuenciales, para aumentar la frecuencia de las clases minoritarias.

Palabras clave: colección nuclear, estrategia M, marcadores moleculares, marcadores morfológicos

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento de colecciones de germoplasma es de gran importancia para conservar la diversidad genética en especies cultivadas, las cuales en la mayoría de los casos han sufrido una intensa erosión genética como consecuencia de diferentes factores agrícolas y sociales, como la importación de variedades extranjeras o enfermedades tales como la filoxera en el caso de la vid. Dado el elevado número de accesiones presentes en algunas colecciones, resulta complicado realizar una caracterización completa de las mismas, por lo que para numerosas aplicaciones resulta de gran utilidad el establecimiento de colecciones nucleares, que en un reducido número de accesiones representan el mayor porcentaje posible de diversidad existente en la colección global.

Actualmente, uno de los objetivos del proyecto RF2012-27, es la creación de una colección nuclear que represente la diversidad genética de la vid en España.

En los últimos años se han desarrollado diferentes métodos para la construcción de colecciones nucleares, en función de la ausencia o presencia de estratificación en la colección. En colecciones no estratificadas una opción es la selección de accesiones al azar (Estrategia R), pero actualmente, el criterio más usado es la maximización alélica o Estrategia M (Schoen y Brown, 1993), que examina las posibles colecciones nucleares y selecciona la que maximiza el número total de clases en los marcadores usados, que pueden ser moleculares y/o morfológicos. Este método permite definir primero el número mínimo de accesiones necesarias para capturar la diversidad deseada, para posteriormente identificarlas combinaciones de accesiones del tamaño requerido que incluyen el mayor número de clases para los marcadores empleados. Dado que el número de posibles combinaciones de accesiones crece factorialmente con el tamaño de las colecciones nuclear y global, no es posible en la mayoría de casos explorar todas las colecciones nucleares posibles, por lo que los software diseñados para la construcción de colecciones nucleares implementan algoritmos para mejorar los resultados a la vez que mantienen un tiempo de ejecución razonable. Como consecuencia, diferentes ejecuciones del programa pueden dar lugar a diferentes colecciones nucleares, no siempre de la misma calidad. Por otro lado, es importante tener en cuenta el objetivo de la colección, ya que diferentes aplicaciones podrían requerir distinto número de accesiones, diferente fracción de representación de la variabilidad total, o diferentes distribuciones fenotípicas, y por tanto, deberían usarse distintos métodos para su construcción.

El mapeo de asociación es una técnica actualmente extendida para la búsqueda de correlaciones entre genotipos y fenotipos en una población, y el uso de colecciones nucleares puede ser de gran utilidad para aumentar la eficacia de esta aplicación. Los estudios de asociación en plantas suelen presentar problemas relacionados con la distribución de frecuencias de clases en la colección seleccionada: es común la obtención de asociaciones espurias debido a la presencia de clases únicas o minoritarias. Ciertas clases de caracteres de interés comercial en vid presentan baja frecuencia, como el sabor moscatel o la apirenia, y la construcción de colecciones nucleares basada en la maximización de la diversidad total puede disminuir aún más la frecuencia de esas clases minoritarias. En este trabajo, proponemos una nueva metodología basada en la Estrategia M para obtener colecciones nucleares más adecuadas para mapeo de asociación, tratando de mejorar el poder de análisis mediante la maximización de las clases minoritarias.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material empleado en este trabajo consistió en 246 genotipos únicos pertenecientes a la colección de uva de mesa del Banco de Germoplasma de El Encín (IMIDRA). Dichas accesiones fueron caracterizadas mediante 37 descriptores fenológicos y morfológicos (17 cualitativos y 20 cuantitativos) y mediante 20 marcadores SSR (Ibáñez et al., 2009).

Construcción de colecciones nucleares

En primer lugar, se evaluó la redundancia de la colección mediante los métodos R (al azar) y M (Maximización), implementados en el software MStrat 4.1 (Gouesnard et al., 2001), con el fin de establecer el número de accesiones necesario para representar un alto porcentaje de la variabilidad existente en la colección global.

A continuación se construyeron tres colecciones nucleares de 96 entradas usando la estrategia M. Para obtener cada una se generaron 100 réplicas de colecciones nucleares con MStratusando 100 iteraciones y aplicando dos criterios de optimización: en primer lugar, la riqueza de clases, y en segundo lugar, el Índice de Shannon. Cada colección nuclear (CN) se construyó de acuerdo a los siguientes métodos:

Método 1: CN obtenida en un paso. Procedimiento: Generar 100 réplicas de CNs de 96 entradas con MStrat→Seleccionar la CN con mayor Índice de Shannon (CN96).

Método 2: Tres sub-colecciones, cada una obtenida en un paso. Procedimiento: Generar 100 réplicas de CNs de 32 entradas con MStrat → Seleccionar la sub-colección con el mayor Índice de Shannon → Eliminar de la colección global las accesiones incluidas en esta sub-colección y repetir el proceso dos veces más → Unir las tres sub-colecciones de 32 entradas para obtener una CN de 96 entradas (CN32Sx3).

Método 3: Tres sub-colecciones, cada una obtenida en 4 pasos. Procedimiento: Generar 100 réplicas de CNs de 32 entradas con MStrat → Seleccionar las accesiones más frecuentemente representadas en las 100 réplicas y fijarlas para el siguiente paso → repetir el proceso dos veces más → Generar 100 réplicas que incluirán todas las accesiones fijadas → Seleccionar la sub-colección con el mayor número de clases y, en caso de empate, con el mayor Índice de Shannon → Eliminar de la colección global las accesiones incluidas en esta sub-colección y repetir el proceso dos veces más → Unir las tres sub-colecciones de 32 entradas para obtener una CN de 96 entradas (CN32Fx3).

Evaluación de las colecciones nucleares

Se compararon las tres colecciones obtenidas con los diferentes métodos y su calidad se evaluó en función del Índice de Shannon y de las frecuencias de las clases, prestando especial atención a la frecuencia de las clases minoritarias.

RESULTADOS

El objetivo de este trabajo fue maximizar la representación de clases minoritarias en colecciones nucleares. Para ello, se desarrollaron tres métodos con diferentes pasos secuenciales para la construcción de dichas colecciones.

Redundancia y eficiencia de la Estrategia M

El set de datos empleado contenía 246 accesiones que incluían un total de 461 clases diferentes para los 57 marcadores empleados. La variabilidad capturada por la estrategia M fue un 14% superior a la capturada por la estrategia R. El análisis de redundancia determinó que 54 accesiones (22% del total de accesiones) son suficientes para representar el total de 461 clases. Una colección nuclear de 32 entradas representa hasta un 94% de la diversidad existente en la colección total.

Construcción de las colecciones nucleares

Las 100 réplicas generadas mediante el método 1 incluyeron todas las clases existentes en la colección completa, de manera que la selección de CN96 se basó en el Índice de Shannon. Este criterio fue también el empleado para seleccionar las tres sub-colecciones construidas mediante el método 2 (CN32S). Cada sub-colección CN32F fue obtenida en 4 pasos usando el método 3. Mediante los primeros tres pasos se fueron seleccionando las accesiones que aparecían con mayor frecuencia en las 100 réplicas obtenidas con MStrat. El número de accesiones seleccionadas y fijadas en cada paso varió

entre 4 y 11, que aparecían en las 100 colecciones con una frecuencia promedio del 84% en el paso 1, del 73% en el paso 2 y del 57% en el paso 3.

Composición de las colecciones nucleares

Las accesiones compartidas entre las tres colecciones nucleares fueron 53 (55%); sin embargo, 82 accesiones (85%) resultaron comunes entre CN32Sx3 y CN32Fx3, mientras dichas colecciones compartieron sólo el 65% y el 57% de sus accesiones con CN96 (Figura 1).

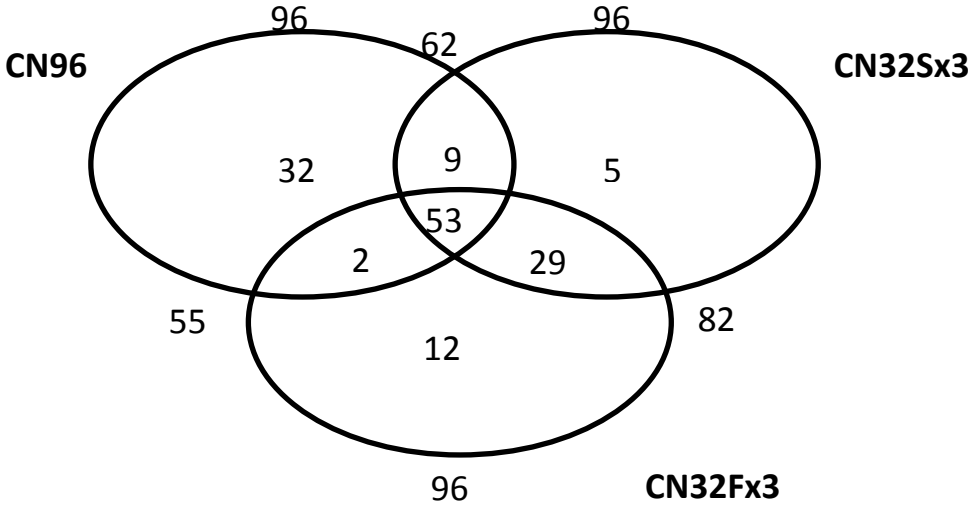


Figura 1. Distribución de las accesiones entre las tres colecciones nucleares.

Evaluación de la diversidad capturada por las colecciones nucleares

La colección obtenida mediante el método 1 presentó el total de clases existentes en la colección global, mientras las obtenidas mediante los métodos 2 y 3 contenían más del 99% del total de clases (Tabla 1). El número de clases únicas fue superior en CN96, mientras que el número de clases minoritarias fue mayor en las colecciones CN32x3, que presentaron menos clases de baja frecuencia (<4) y más clases minoritarias con frecuencia superior a 3.

Tabla 1. Índice de Shannon y número de clases representado en cada colección nuclear. Las clases minoritarias son las que presentan una frecuencia absoluta menor de 10 y no son únicas.

Evaluación de distribución de clases	Global	CN96	CN32Sx3	CN32Fx3
Índice de Shannon	85,65	88,54	90,57	90,25
Nº clases totales	461	461	459	457
Nº clases únicas	32	68	47	40
Nº total clases minoritarias (frecuencia >1 y <10)	124	179	197	191
Nº clases con frecuencia <4	94	136	111	117
Nº clases minoritarias con frecuencia >3 y <10	75	26	45	40

La Figura 2 muestra las diferencias en el número de clases presentes en cada CN con frecuencias absolutas mínimas entre 2 y 9. La ganancia en estas clases fue claramente superior en las colecciones CN32x3 frente a CN96, mientras que entre ambas CN32x3 las diferencias son mucho menores y tanto positivas como negativas.

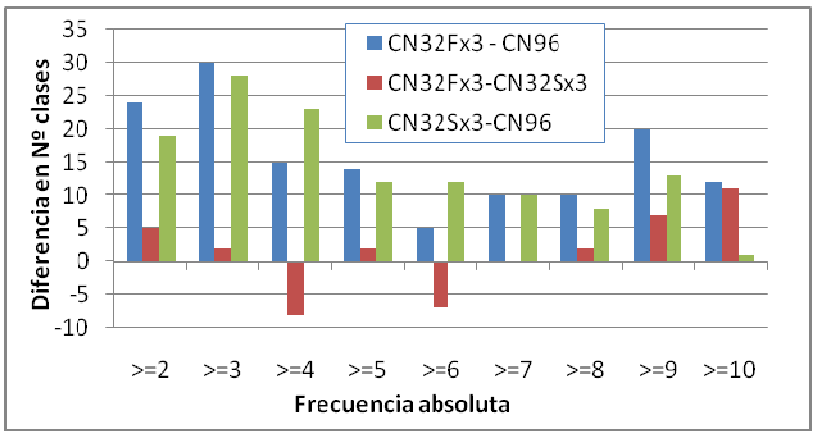


Figura 2. Diferencias entre los tres métodos respecto a la ganancia de clases de menor frecuencia.

DISCUSIÓN

En colecciones de germoplasma con elevado número de accesiones, una caracterización completa fenotípica y genotípica puede resultar muy costosa, por lo que generalmente es necesario trabajar con colecciones nucleares, que contienen una pequeña representación de la colección global manteniendo la máxima diversidad posible. Dependiendo de la aplicación de cada colección nuclear, pueden emplearse diferentes métodos para su construcción, y por tanto, también deberían emplearse diferentes criterios para la evaluación de diferentes tipos de colecciones, varios de los cuales han sido recientemente discutidos por Odong et al. (2013). Por ejemplo, para ciertos análisis estadísticos como los análisis de asociación genética es importante que cada clase esté representada varias veces para incrementar el poder del test, reduciéndose las asociaciones espurias por azar (falsos positivos) y los falsos negativos resultantes de una significación insuficiente.

La evaluación de la redundancia constituye un paso previo a la construcción de la colección nuclear para determinar el número de accesiones necesarias para capturar la diversidad requerida, o, en caso de que el número de entradas sea predeterminado, para conocer cuánta diversidad es posible capturar. La ganancia de diversidad fue un 14% superior empleando el método M frente al R, muy similar a lo que previamente observaron Le Cunff et al. (2008) en 2.262 genotipos únicos de *V. vinifera* para 20 SSRs eliminando alelos con frecuencia inferior a 0,05 (15%), confirmando la superioridad de la estrategia M en vid, a pesar de su elevada heterocigosidad.

En este trabajo se propone una nueva metodología para la construcción de colecciones nucleares con el objetivo de incrementar su eficiencia y maximizar la representación de clases minoritarias, tratando de capturar un mínimo de tres representantes para la mayoría de clases. Para ello, dos nuevos métodos (2 y 3) se compararon con un método Standard (método 1) (Le Cunff et al., 2008). Las tres

colecciones comparten 53 de las 96 accesiones, por lo que todas las diferencias se deben al resto de accesiones diferentes en cada caso.

Los métodos 2 y 3, basados en la fusión de tres sub-colecciones independientes para obtener la colección nuclear definitiva dieron lugar a la obtención de menos clases únicas (indeseables) y menos clases con frecuencia baja (<4) (Tabla 1).Todo ello dio lugar a que mostraran un claro incremento en la frecuencia de clases minoritarias con respecto al método 1 (Figura 2). También se obtuvo un mayor Índice de Shannon con estos métodos, indicando una distribución de clases más equilibrada.

El método 3 consistió en fijar las accesiones más representadas en 100 réplicas a lo largo de tres pasos, intentando evitar accesiones que pudieran ser incluidas en la sub-colección nuclear por azar. El porcentaje de representación mínimo requerido para fijar las accesiones en el siguiente paso podría variar entre especies y/o colecciones, por lo que debe establecerse para cada caso, intentando incluir un número de entradas similar en cada uno (en torno a 8 accesiones en nuestro caso). Los resultados obtenidos con el método 2 fueron muy similares a los del método 3, e incluso superiores en algunos parámetros. De hecho, 82 entradas fueron comunes entre ambas colecciones. Dado que el método 2 requiere un solo paso para la construcción de cada sub-colección, es la opción más recomendable para la obtención de colecciones nucleares de forma general, aunque puede haber casos específicos donde el método 3 podría ser más apropiado, como para colecciones globales muy amplias con un elevado número de clases, en las que diferentes combinaciones de accesiones podrían dar lugar a colecciones nucleares de similar calidad, resultando conveniente añadir otro criterio de selección de accesiones (su repetitividad en 100 colecciones nucleares potenciales).

CONCLUSIONES

En este trabajo proponemos una nueva metodología para generar colecciones nucleares en pasos secuenciales usando la estrategia M, con el fin de incrementar la representación de clases minoritarias en la colección nuclear y mejorar los resultados de los análisis de asociación genética con ciertos caracteres de interés comercial y agronómico cuyas clases deseadas ocurren en baja frecuencia.

Referencias

Gouesnard, B., Bataillon, T.M., Decoux, G., Rozale, C., Schoen, D.J., David, J.L. (2001). MSTRAT: An algorithm for building germ plasm core collections by maximaizing allelic or phenotypic richness. The Journal of Heredity, 92, 93-94.

Ibáñez, J., Vargas, A.M., Palancar, M., Borrego, J., de Andrés, M.T. (2009).Genetic Relationships among Table-Grape Varieties. American Journal of Enology and Viticulture, 60, 35-42.

Le Cunff, L., Fournier-Level, A., Laucou, V., Vezzuli, S., Lacombe, T., Adam-Blondon, A., Boursiquot, J.M., This, P. (2008).Construction of nested genetic core collections to optimize the exploitation of natural diversity in *Vitis vinifera* L. subsp*sativa*.BMC Plant Biology, 8:31.

Odong, T., Jansen, J., Eeuwijk, F.v., Hintum, T.v. (2013).Quality of core collections for effective utilisation of genetic resources review, discussion and interpretation. Theoretical and Applied Genetics, 126, 289-305.

Schoen, D.J. y Brown, A.H.D. (1993). Conservation of allelic richness in wild crop relatives is aided by assessment of genetic markers. Proccedings of the National Academy of Sciences, 90, 10623-10627.

Estudio intervarietal y multi-factorial de la diversidad natural para la compacidad del racimo de vid (*Vitis vinifera* L.)

J. Tello*, R. Aguirrezábal, S. Hernáiz, B. Larreina, M.I. Montemayor, E. Vaquero y J. Ibáñez

Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC, Universidad de La Rioja, Gobierno de La Rioja), Complejo Científico Tecnológico, C/ Madre de Dios 51, 26006, Logroño, La Rioja. *E-mail: javier.tello@icvv.es

Resumen

La compacidad del racimo de vid (*Vitis vinifera* L.) y los factores individuales que definen este carácter repercuten en la calidad de la uva, siendo un atributo que determina en gran manera el estado sanitario del fruto, y la homogeneidad de la maduración del racimo. A pesar de su importancia agronómica y comercial, se trata de un carácter escasamente estudiado desde el punto de vista genético, probablemente debido a su elevada complejidad y a la ausencia de un criterio armonizado para su medida cuantitativa y objetiva, lo que a su vez dificulta ciertos estudios comparativos intervarietales.

El principal objetivo de este estudio ha sido la identificación y evaluación de aquellos elementos estructurales de la morfología del racimo involucrados en la determinación de su compacidad. Para ello se ha llevado a cabo la caracterización, a través de 23 descriptores cuantitativos, de un gran número de racimos pertenecientes a variedades de vid de distinta aptitud comercial (uva de mesa y uva de vinificación). El estudio se ha desarrollado durante tres campañas consecutivas: 2011 (1040 racimos), 2012 (1145 racimos) y 2013 (977 racimos), que se han estudiado separadamente. El análisis univariante de los datos de fenotipado reveló la naturaleza multifactorial de este carácter, resultado de la combinación de numerosos atributos del racimo. La aplicación de diversos análisis multivariantes indicó que el número de bayas del racimo, la longitud de las primeras ramas del raquis y, en menor medida, el tamaño final de la baya son los factores más determinantes en la compacidad del racimo de vid.

Palabras clave: Arquitectura de racimo, Morfología de racimo, Densidad de racimo, Análisis discriminante.

INTRODUCCIÓN

La compacidad del racimo de vid (*Vitis vinifera* L.) y los factores que determinan este carácter juegan un papel importante en el valor comercial de la uva. Así, existe una mayor predisposición a ciertas plagas del viñedo–como es el caso de la polilla del racimo (*Lobesia botrana*) (Fermaud et al., 1998) y el hongo *Botrytis cinerea* (Hed et al., 2009)- en los racimos de mayor compacidad, principalmente por el microclima de mayor humedad que se genera en el interior de los racimos compactos como consecuencia de una aireación ineficaz (Vail y Marois, 1991). Si el ataque de estos organismos es intenso y no remediable, los racimos pierden su valor comercial, ocasionándose importantes pérdidas económicas. Igualmente, una alta compacidad genera la aparición de un mayor número de bayas interiores (Vail y Marois, 1991) que no recibirán la radiación solar

necesaria para su maduración, produciéndose una maduración heterogénea del racimo (Figueiredo-González et al., 2013).

Morfológicamente, la compacidad del racimo resulta de la integración de numerosos factores individuales, cuya interacción genera la agregación de las bayas a lo largo del raquis (o escobajo) del racimo, dando lugar a la disminución y desaparición de los huecos libres en la estructura del racimo. Entre los aspectos individuales que pueden repercutir de mayor manera en esta mayor o menor compactación de las bayas, Molitor et al. (2012) han señalado la longitud del racimo como el factor más determinante, mientras que Palliotti et al. (2012) han destacado el papel del número de bayas del racimo. Igualmente, distintos autores han indicado el papel determinante del tamaño de la baya (Alonso-Villaverde et al., 2008), la longitud del pedicelo (Sarooshi, 1977), el peso del racimo (Vail y Marois, 1991) y la longitud de los entrenudos del raquis (Shavrukov et al., 2004) como los factores más determinantes en la distinta compacidad que puede mostrar un racimo. Estos estudios están basados en el análisis de clones de una misma variedad o, en el mejor de los casos, en un reducido número de variedades, por lo que su importancia en un marco de mayor diversidad es desconocida.

Este estudio tiene como principal objetivo el análisis y ponderación de aquellas variables que repercuten de una manera más marcada en la compacidad del racimo de vid, para lo que se han estudiado un amplio número de racimos pertenecientes a un alto número de variedades de distinta aptitud comercial (vino y mesa) durante tres campañas consecutivas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal y caracterización morfológica de los racimos

Para este estudio se seleccionaron 125 accesiones de la colección de variedades de vid (*Vitis vinifera* L.) del ICVV, las cuales presentan una elevada diversidad para los caracteres de racimo analizados. Estas accesiones, cuyo cultivo y mantenimiento siguen las prácticas comunes de la región, se mantienen en dos parcelas: Finca Valdegón (Agoncillo, La Rioja) y Finca La Grajera (Logroño, La Rioja), proviniendo las plantas de La Grajera de varas obtenidas en Finca Valdegón.

La caracterización de la morfología del racimo se llevó a cabo en tres años consecutivos en un total de 1040 (2011), 1145 (2012) y 977 (2013) racimos en el estado fenológico E-L 38 (Coombe, 1995), tomándose, en general, 10 racimos homogéneos por accesión. Los 23 caracteres evaluados en este trabajo se incluyen en la Tabla 1. Respecto al carácter compacidad, se evaluó por un panel entrenado para el uso del descriptor Nº204 de la OIV, el cual clasifica a los racimos en función de la visibilidad de los pedicelos y la movilidad de las bayas en una de las cinco clases propuestas: “1: Racimo muy suelto”; “3: Racimo suelto”; “5: Racimo medio”; “7: Racimo compacto”; “9: Racimo muy compacto”, tomando como valor de referencia el valor moda dado por dicho panel.

Análisis estadístico

Con el fin determinar la relación y el peso de cada una de las variables analizadas en la compacidad del racimo, se llevaron a cabo una serie de análisis estadísticos de manera secuencial: análisis de correlaciones bilaterales, análisis de la varianza con prueba post-hoc de contraste de medias, análisis de componentes principales (ACP) con rotación de Varimax y análisis discriminante, realizados todos ellos mediante el programa

estadístico SPSS (v. 20.0). Cabe destacar que para todos los análisis, cada racimo fue considerado como un individuo, y que los datos de los tres años de analizaron de manera separada.

Tabla 1. Lista de los caracteres empleados en este trabajo.

Nº Atributo	Atributo	Unidad	Ref.
1	Longitud Primera Rama	cm	-
2	Longitud Segunda Rama	cm	-
3	Volumen Real Racimo	mL	-
4	Longitud Racimo	cm	OIV 202
5	Peso Racimo	g	-
6	Anchura Racimo	cm	OIV 203
7	Volumen Morfológico Racimo	mL	Ferreira y Marais, 1987
8	Longitud Pedicelo	mm	OIV 238
9	Longitud Pedúnculo	mm	OIV206
10	Peso Raquis	g	-
11	Número Nudos Raquis	-	-
12	Volumen Total Bayas	mL	-
13	Peso Total Bayas	g	-
14	Semillas Baya	-	-
15	Número Bayas	-	-
16	Longitud Baya	mm	OIV 220
17	Anchura Baya	mm	-
18	Peso Medio Baya	g	-
19	Volumen Medio Baya	mL	OIV 221
20	Orden Racimo Planta	-	-
21	Índice de Fertilidad	-	-
22	Número Racimos Planta	-	-
23	Número Ramas Planta	-	-

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el fin de evaluar la relación entre los 23 atributos analizados y la variable principal de estudio (compacidad), se llevó a cabo un análisis de correlaciones bilaterales para cada uno de los años evaluados. La dirección de los coeficientes de correlación obtenidos (Figura 1) fue estable a lo largo de las tres campañas analizadas, mostrando la relación entre las variables estudiadas y la compacidad. Se observó una correlación significativa entre la mayoría de los atributos analizados y la compacidad del racimo, siendo bajo el valor de las correlaciones, dando idea de la naturaleza multifactorial del carácter, resultado de la combinación de numerosos atributos del racimo.

Cabe pensar que aquellas variables con efecto en la compacidad presentarán un valor medio estadísticamente distinto en las cinco clases de compacidad, al menos en las clases más extremas (compacidad OIV "1" y "9"). Así, para cada una de las variables incluidas se procedió a realizar un análisis de la varianza con un análisis post-hoc de comparación de las medias entre las cinco clases de compacidad de la OIV. En este sentido, las variables de la planta incluidas en este trabajo ("*Orden Racimo Planta",* "*Índice de Fertilidad*", "*Número Racimos Planta*" y "*Número Ramas Planta*") no

obtuvieron diferencias significativas entre las medias de los distintos grupos de compacidad en la mayoría de las comparaciones realizadas en los tres años evaluados, por lo que se consideró que su poder de discriminar entre clases de compacidad es limitado y se excluyeron de los siguientes análisis.

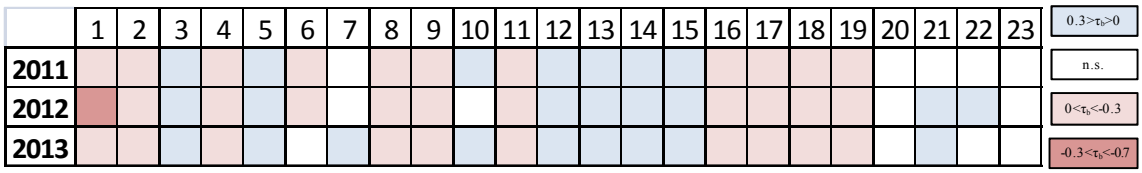


Figura 1. Coeficientes de correlación (τ_b de Kendall) obtenidos entre la compacidad y los 23 atributos analizados (numerados de acuerdo a la Tabla 1) en las tres campañas analizadas (2011, 2012 y 2013), codificados según el código de colores mostrado.

Para obtener información acerca de la relación que subyace entre las 19 restantes variables, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) de manera separada para los datos de las tres campañas estudiadas. En los tres años se retuvieron los tres primeros componentes, los cuales explican en su conjunto el 75.2% (2011), 76.6% (2012) y 80.1% (2013) de la varianza de los datos. Con el fin de facilitar la interpretación de estos componentes, se llevó a cabo una rotación ortogonal por el método de Varimax.

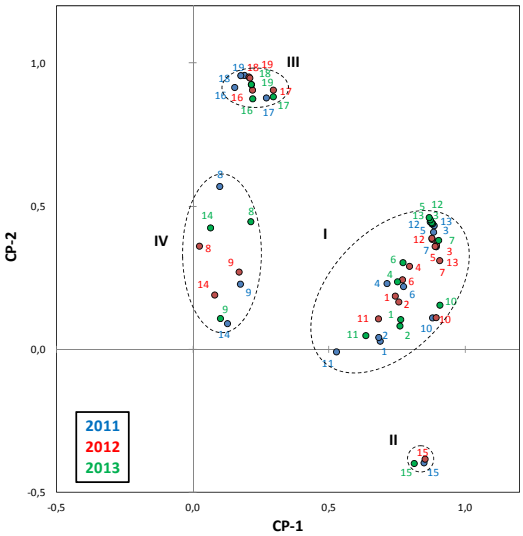


Figura 2. Dispersión de los 19 atributos de racimo analizados (codificados numéricamente de acuerdo a la Tabla 1) en el espacio delimitado por las dos primeras componentes principales retenidas (CP-1 y CP-2) para 2011, 2012 y 2013.

En la Figura 2 se representan las 19 variables en función de las dos primeras componentes, de manera que la componente 1 (CP-1) se relacionó las tres campañas con las variables propias del racimo ("*Longitud Primera Rama*", "*Longitud Segunda Rama*", "*Volumen Real Racimo*", "*Longitud Racimo*", "*Peso Racimo*", "*Anchura Racimo*", "*Volumen Morfológico Racimo*", "*Peso Raquis*", "*Número Nudos Raquis*", "*Volumen Total Bayas*", "*Peso Total Bayas*" y "*Número Bayas*"), mientras que la componente 2 (CP-2) quedó más identificada con las variables de la baya ("*Longitud Baya*", "*Anchura Baya*", "Peso *Medio Baya*" y "*Volumen Medio Baya*"). Asimismo, se observa una similar distribución de las variables en el espacio bidimensional, quedando cuatro grupos bien

diferenciados: el primero (I), relacionado con las variables del racimo, el segundo (II), por el número de bayas del racimo, el tercero (III), relacionado con las variables de baya, y el cuarto (IV) por las variables "*Semillas Baya*", "*Longitud Pedicelo*" y "*Longitud Pedúnculo*". Es destacable que estas agrupaciones se mantuvieron las tres campañas analizadas, confirmando la estabilidad de las interrelaciones de las variables estudiadas.

Por último, se llevó a cabo un análisis discriminante por pasos, el cual selecciona aquellas variables con mayor poder de discriminar entre los racimos en función de su compacidad, descartando aquellas cuyo poder discriminante es redundante o poco relevante. Para evitar problemas de colinealidad entre variables, y teniendo en cuenta su interrelación, se seleccionaron 9 atributos como variables explicativas ("*Longitud Primera Rama*", "*Peso Medio Baya*", "*Longitud Racimo*", "*Anchura Racimo*", "*Longitud Pedicelo*", "*Longitud Pedúnculo*", "*Número Nudos Raquis*", "*Semillas Baya*" y "*Número Bayas*"). Igualmente, se realizó un agrupamiento de los racimos sueltos (compacidad OIV "1" y "3") y de los racimos compactos (compacidad OIV "7" y "9"), descartando aquellos racimos de compacidad media por la distorsión que podría causar en los resultados. Este análisis reveló el mayor poder discriminante de un reducido número de variables, y las variables "*Longitud Primera Rama*", "*Número Bayas*" y "*Peso Medio Baya*" obtuvieron un alto valor discriminante, siendo constante en los tres años evaluados (Figura 3A). Así, se realizó un segundo análisis discriminante con únicamente estas tres variables, el cual fue capaz de clasificar correctamente el 85.7%, 88.4% y 87.2% de los racimos en 2011, 2012 y 2013, respectivamente, explicando el 42.8% (2011), 45.2% (2012) y 47.2% de la varianza de la variable dependiente. Atendiendo a los coeficientes de estas tres variables en la función canónica desprendida, el poder discriminante de las variables "*Longitud Primera Rama*" y "*Número Bayas*" es superior al de la variable "*Peso Medio Baya*" (Figura 3B).

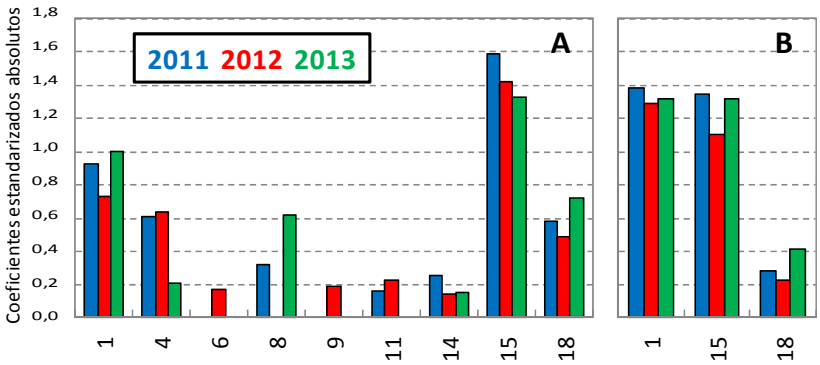


Figura 3. Coeficientes obtenidos mediante un análisis discriminante calculado en base a 9 (A) y 3 (B) atributos del racimo (codificados numéricamente de acuerdo a la Tabla 1) para 2011, 2012 y 2013.

La compacidad del racimo puede entenderse como la relación existente entre el volumen real (o sólido) de los componentes del racimo (raquis y bayas) y su volumen morfológico (o aparente). Así, si estos volúmenes son similares, se generarán pocos huecos libres en la estructura del racimo, elevando entonces el valor de compacidad (Shavrukov et al., 2004). Mientras que el volumen real viene dado principalmente por el volumen de todas las bayas del racimo (determinado a su vez por su número y volumen medio), el volumen morfológico dependerá también de su disposición tridimensional, cuya configuración vendrá dada por los principales ejes del racimo.

CONCLUSIONES

Este trabajo ha evaluado la influencia de distintas variables en la compacidad del racimo en un contexto intervarietal. El análisis univariante de los datos reveló la naturaleza multifactorial de este carácter, resultado de la combinación de distintos atributos del racimo. La aplicación progresiva de distintos análisis multivariantes señaló la longitud de las primeras ramas del raquis, el número de bayas del racimo, y, en menor medida, el tamaño medio de la baya como los factores más determinantes en la distinta compacidad del racimo. Mientras que estos dos últimos factores determinan principalmente el volumen real del racimo, su volumen morfológico vendrá dado además por su distribución tridimensional, determinado por las longitudes mayores del raquis: la relación entre ambos volúmenes determinará entonces la compacidad del racimo.

Agradecimientos

Este proyecto ha sido financiado por el MINECO (AGL2010-15694). J. Tello agradece al MINECO por su beca FPI predoctoral (BES-2011-047041).

Referencias

Alonso-Villaverde, V., Boso, S., Santiago, J.L., Gago, P, and Martínez, M.C. (2008). Relationship between susceptibility to Botrytis bunch rot and grape cluster morphology in the *Vitis vinifera* L. cultivar Albariño. International Journal of Fruit Science, 8, 251-265.

Coombe, B.G. (1995). Adoption of a system for identifying grapevine growth stages. Australian Journal of Grape and Wine Research, 1, 104-110.

Fermaud, M. (1998). Cultivar susceptibility of grape berry clusters to larvae of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). Journal of Economic Entomology, 91, 974-980.

Ferreira, J.H.S., Marais, P.G. (1987). Effect of rootstock cultivar, pruning method and crop load on *Botrytis cinerea* rot of *Vitis vinifera* cv. Chenin blanc grapes. South African Journal of Enology and Viticulture, 8(2), 41-44.

Figueiredo-González, M., Cancho-Grande, B., Boso, S., Santiago, J.L., Martínez, M.C., and Simal-Gándara, J. (2013). Evolution of flavonoids in Moratón berries taken from both bunch halves. Food Chemistry, 138, 1868-1877.

Hed, B., Ngugi, H.K., Travis, J.W. (2009). Relationship between cluster compactness and bunch rot in Vignoles grapes. Plant Disease, 95, 269-278.

Molitor, D., Behr, M., Hoffman, L. and Evers, D. (2012). Benefits and drawbacks of pre-bloom applications of gibberellic acid (GA3) for stem elongation in Sauvignon blanc. South African Journal of Enology and Viticulture, 33, 198-202.

Palliotti, A., Gardi, T., Berrios, J.G., Civardi, S., and Poni, S. (2012). Early source limitation as a tool for yield control and wine quality improvement in a high-yielding red *Vitis vinifera* L. cultivar. Scientia Horticulturae, 145, 10-16.

Sarooshi, R.A. (1977). Some effects of girdling, gibberellic acid sprays, bunch thinning and trimming on the sultana. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, 17, 700-704.

Shavrukov, Y.N., Dry, I.B., Thomas, M.R. (2004). Inflorescence and bunch architecture development in *Vitis vinifera* L. Australian Journal of Grape and Wine Research, 10, 116-124.

Vail, M.E., Marois, J.J. (1991). Grape cluster architecture and the susceptibility of berries to *Botrytis cinerea*. Phytopathology, 81, 188-191.

Selección clonal del cultivar Brancellao: Campaña 2013

E. Díaz*, M.J. Prado, A. Ramilo y E. Soto.

Estación de Viticultura e Enoloxía de Galicia-INGACAL. Ponte San Clodio, s/n, 32427, Leiro-Ourense. *E-mail: emilia.diaz.losada@xunta.es

Resumen

En Galicia se desarrolla un programa de Selección clonal de variedades autóctonas que ha permitido la obtención de clones de las variedades blancas Treixadura, Torrontés, Loureira, Dona Blanca, Godello y Albariño, y de la variedad tinta Mencía. Actualmente, en el marco del Programa de Desarrollo Rural, se lleva a cabo la acción de Conservación y Caracterización de Recursos Fitoxenéticos de Vid que tiene como una de sus finalidades el estudio y la caracterización de clones de la variedad Brancellao. A partir de la selección masal y sanitaria del cultivar Brancellao iniciada en el año 2005, se establecieron en un campo de homologación 21 ecotipos. Desde el año 2010 se están llevando a cabo estudios del comportamiento agronómico y enológico de estos ecotipos.

En el presente trabajo se muestran los resultados obtenidos para la campaña 2013 relativos a fertilidad, producción y vigor, así como de los resultados de estudios de madurez tecnológica y fenólica de las bayas en fecha de vendimia, y de las características de los vinos elaborados (parámetros clásicos y composición fenólica).

Las condiciones climáticas de esta campaña condicionaron una baja fertilidad de las yemas en todos los clones estudiados, lo que conllevó producciones inferiores a campañas precedentes. Los clones BR2, BR3, BR4 y BR15, con producciones medias o superiores a la media, han sido los que produjeron vinos equilibrados y con características fenólicas superiores a la media, en esta campaña.

Palabras clave: producción, mosto, vino, Brancellao.

INTRODUCCIÓN

La Selección clonal en la vid es el proceso idóneo para la obtención de material vegetal con características contrastadas, tanto a nivel sanitario, como agronómico y enológico.

En Galicia, en los años 80 se inició un programa de Selección clonal de variedades autóctonas, que ha permitido la obtención de clones de seis variedades blancas, Treixadura, Torrontés, Loureira, Dona Blanca, Godello y Albariño, y de una tinta, Mencía.

En el año 2005 se inició la Selección clonal del cultivar Brancellao. Tras una fase de selección masal, se estableció el campo de homologación con 21 ecotipos. Los estudios de la selección principal se iniciaron en el año 2010 (Díaz, 2011).

La variedad Brancellao se puede definir a nivel agronómico como un cultivar de maduración tardía y producción media, del que se obtienen vinos con baja intensidad de color y con graduación y acidez media (Cortés y Díaz, 2011). Por lo que con la Selección clonal se pretende, además de la obtención de material vegetal testado para las virosis

contempladas en el Reglamento técnico de control y certificación de plantas de vivero de vid (B.O.E. 2006, Real Decreto 170/2011), seleccionar clones que, manteniendo una producción adecuada, permitan la obtención de vinos equilibrados, en lo que a graduación y acidez se refiere, y con alta intensidad colorante, dentro de los niveles característicos de la variedad.

En el presente trabajo se muestran los resultados obtenidos para la campaña 2013 relativos a fertilidad, producción y vigor, así como de los resultados de estudios de madurez tecnológica y fenólica de las bayas en fecha de vendimia, y de las características de los vinos elaborados (parámetros clásicos y composición fenólica).

MATERIAL Y MÉTODOS

El campo de homologación de los clones se encuentra situado en la finca experimental de la Estación de Viticultura e Enoloxía de Galicia (Leiro-Ourense). Las cepas injertadas en 196-17 Cl, están conducidas en espaldera, y formadas en cordón simple con poda a pulgares de 1 o 2 yemas. Se establecieron 4 repeticiones de 7 cepas por cada clon. El marco de plantación es de 2,50 m entre filas y 1m entre cepas. La densidad de plantación es de 4000 cepas.ha^{-1}.

Estudios agronómicos

Entre floración y envero se estudió la brotación y fertilidad de las yemas, haciendo recuento del número de pámpanos y racimos procedentes de yemas francas (dejadas en la poda) y de yemas de corona.

En vendimia se determinó la producción media por cepa y el peso medio del racimo. Y en época de poda se determinó el vigor de las cepas a partir del peso de madera de poda.

Madurez tecnológica y fenólica

En fecha de vendimia se evaluó la madurez tecnológica (determinando el contenido en azúcares, acidez, contenido en ácido tartárico y en ácido málico) de cada clon y repetición.

El estudio de la madurez fenólica de las bayas (IPT, contenido en antocianos, dificultad de extracción de antocianos -%EA- madurez de las pepitas -MP-) se realizó para cada clon a partir de una muestra representativa del conjunto de las cuatro repeticiones.

Para las determinaciones analíticas de la acidez total, pH, contenido en ácido málico y contenido en ácido tartárico se siguieron los Métodos Oficiales de Análisis (O.I.V., 2009). El IPT y el contenido en antocianos se determinó siguiendo el método propuesto por Saint-Cricq et al. (1998).

Del conjunto de las repeticiones de cada clon se elaboraron microvinificaciones, en depósitos de 35 L, según el protocolo habitual de elaboración de vinos tintos. Finalmente en el vino embotellado se determinaron, siguiendo los métodos oficiales de análisis (O.I.V., 2009): grado alcohólico, acidez total, pH, contenido en málico y tartárico, y la riqueza fenólica (Índice de polifenoles totales -IPT-, antocianos y taninos), mediante la metodología propuesta por Glories (1984).

Para la cálculo de diferencias significativas entre clones, en relación a parámetros agronómicos y de maduración tecnológica se realizó un tratamiento estadístico ANOVA mediante el software utilizado ha sido SPSS 15.5.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estudios agronómicos

Los resultados de los estudios agronómicos se muestran en la Tabla 1. La carga dejada en la poda, al igual que en campañas anteriores fue de 6 a 8 yemas vistas por planta. Sin embargo en este año la brotación y la fertilidad ha sido muy baja, tanto de las yemas francas como de la corona, condicionada posiblemente por las heladas que se produjeron, posteriores a la época de poda. El número medio de pámpanos fértiles ha sido inferior a 7 por planta y el número de racimos por planta varió entre una media de 5 que presentó BR16 y 12 de BR21.

Esta baja brotación y fertilidad fueron las determinantes de la escasa producción de uva. La producción media por planta fue de 0,5 kg de uva/cepa, no comparable a cosechas precedentes en las que los valores medios estuvieron en torno a 2 kg de uva/planta en las campañas de los años 2010 y 2012, y a 3 kg/planta en la cosecha del año 2011.

Los clones BR 2, BR3, BR4, BR12, BR9, BR15, BR17, BR19 y BR21 han presentado valores productivos superiores a la media, y el BR8, BR16, BR18 y BR20 se muestran como los menos productivos al igual que en campañas precedentes.

Madurez tecnológica y fenólica

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos para la madurez tecnológica y fenólica de las bayas en fecha de vendimia.

El 50% de los clones superaron el valor medio del contenido en azúcares, de 263,41 gL^{-1}, indicativo de una graduación potencial adecuada. Destacando los clones BR8 y BR6 por presentar además bajos niveles de acidez. Los clones BR4, BR8, BR13, BR14, BR16 y BR18 mantuvieron la tendencia de años precedentes en relación a este parámetro (Díaz, 2011).

Con la maduración se produce un descenso en el contenido de los ácidos responsable de la maduración de la uva, si bien la variación del contenido en tartárico parece estar más relacionado con el genotipo que con el diferente grado de maduración. Esta variación intervarietal no se ha observado a nivel intravarietal, no encontrándose diferencias significativas en relación a este parámetro entre los clones estudiados.

La variedad Brancellao se caracteriza por presentar bajo IPT, con valores próximos a 30, característicos de variedades productoras de vinos rosados, por lo que la selección de clones con un mayor IPT sería deseable. Si bien es necesario tener en cuenta que un mayor IPT, en Brancellao, al igual que en la mayoría de las variedades autóctonas gallegas (Río et al., 2008) va ligado, además, de a un mayor contenido en antocianos, a un mayor contenido en taninos presentes en las pepitas, que pueden conllevar sensaciones de astringencia en los vinos.

Catorce clones presentaron valores superiores a la media para el contenido total de antocianos (antocianos a pH 1); 9 también superaron el valor medio del contenido en antocianos extraíbles. De estos, BR1, BR6, BR11, BR15, BR16, BR17 mostraron una

menor dificultad de extracción (valores de %EA inferiores a la media), lo que sería indicativo de la obtención de vinos con mayor riqueza fenólica.

Tabla 1. Brotación y fertilidad de las yemas, producción, y peso madera de poda para cada uno de los clones del cv. Brancellao en 2013.

	Nº	NºPF	NºR	Nº	NºPF	NºRA	Peso R.	Prod.	Madera
Clones	**YF**	**YF**	**YF**	**YC**	**YC**	**YC**	**(g)**	**(Kg)**	**poda(Kg)**
BR1	5,7 a	2,1 a	2,6	8,3 b	2,6	2,8	81,8 g	0,5 f	0,34 a
BR2	5,2 a	3,2 b	4,0	7,8 b	2,5	2,7	109,1 i	0,9 h	0,51 d
BR3	4,5 a	3,6 b	4,5	8,2 b	3,1	3,5	78,9 f	0,8 h	0,84 g
BR4	6,1 a	4,0 b	4,5	9,0 c	3,3	3,4	88,1 h	0,7 h	0,53 d
BR5	6,2 a	3,7 b	4,4	9,4 c	2,8	3,3	29,9 a	0,2 b	0,49 c
BR6	6,1 a	3,0 b	3,8	7,3 a	2,5	2,8	90,4 h	0,5 e	0,64 f
BR7	6,7 a	4,1 b	4,9	9,8 c	2,9	3,4	72,9 e	0,5 e	0,80 g
BR8	7,0 a	3,7 b	5,3	9,3 c	4,5	5,2	40,8 b	0,3 c	0,60 e
BR9	6,3 a	4,2 b	5,5	7,9 b	3,7	4,5	94,4 h	0,9 h	0,80 g
BR10	6,7 a	3,9 b	4,7	9,6 c	3,4	3,9	64,5 d	0,4 d	0,65 g
BR11	6,0 a	2,8 b	3,2	9,0 c	3,3	4,1	102,0 i	0,5 f	0,38 b
BR12	6,5 a	4,6 b	6,3	8,5 b	3,3	3,6	100,7 i	0,7 h	0,48 c
BR13	6,5 a	3,2 b	3,7	7,3 b	2,0	2,3	78,7 f	0,5 e	0,70 g
BR14	6,7 a	4,4 b	5,4	8,9 c	3,0	3,5	58,4 c	0,5 f	0,61 f
BR15	6,5 a	2,5 a	3,1	6,7 a	1,9	2,0	117,5 i	0,7 h	0,68 g
BR16	6,1 a	2,4 a	2,9	11,5 c	1,9	2,1	64,0 d	0,3 c	0,76 g
BR17	6,4 a	2,6 a	3,3	9,3 c	2,5	2,8	108,4 i	0,8 h	0,65 g
BR18	6,1 a	4,0 b	4,7	8,6 b	3,6	4,3	39,5 b	0,3 b	0,54 d
BR19	5,7 a	3,9 b	5,0	7,1 a	2,5	2,7	81,9 g	0,6 g	0,56 d
BR20	7,2 a	2,5 a	2,8	12,2 c	2,8	3,5	39,5 b	0,2 a	0,78 g
BR21	12,2 b	6,0 b	6,3	13,7 c	4,6	5,7	97,7 i	0,8 h	0,70 g
Media	6,5 **	3,5 **	4,3 n.s	9,0 **	3,0 n.s	3,4 n.s	78,0 **	0,5 **	0,6 **

NºYF, número medio de yemas francas dejadas en la poda por planta; NºPF-YF, número medio de pámpanos fértiles por planta, procedentes de yemas francas; NºR-YF, número medio de racimos por planta procedentes de yemas francas; NºYC, número medio de yemas de la corona que han brotado por planta; NºRA-YC, nº medio de racimos por planta procedentes de YC; Peso-R, peso medio de cada uno de los racimos en gramos; Prod (kg), producción media de uva por planta en Kg; Madera Poda (kg), peso medio en kg de la madera de poda por planta.
Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas de acuerdo con el test de Duncan n.s, ** no significativo y significativo para $p<0.01$

Todos los clones estudiados presentaron valores de madurez pedicular (MP) superiores a 50, que responde a pepitas ricas en taninos. Los que presentaron menor valor para este parámetro fueron BR1, BR4, BR6, BR8, BR11, BR13, BR17, BR18 y BR20.

Tabla 2. Grado alcohólico probable, acidez total, contenido en málico y tartárico, riqueza fenólica (IPT y antocianos totales y extraíbles), extractabilidad celular y madurez de las pepitas de las bayas, en fecha de vendimia, para cada uno de los clones estudiados del cv. Brancellao en 2013.

	Ác. málico	Ác. tartárico	Azúcares reductores	pH	Acidez total	IPT	Antocianos		EA	MP
							pH 1	pH 3,2		
Clones	$g \cdot L^{-1}$	$g \cdot L^{-1}$	$g \cdot L^{-1}$	-	$g \cdot L^{-1}$ tart.		$mg \cdot kg^{-1}$	$mg \cdot kg^{-1}$	%	-
BR1	1,60 b	7,00	261,1 h	3,64 i	4,88 d	42,2	670,6	377,5	43,7	56,2
BR2	1,28 b	7,60	270,5 h	3,48 e	5,53 g	43,4	650,8	354,5	45,5	58,7
BR3	1,28 b	7,80	275,2 h	3,52 f	5,43 f	31,4	546,8	293,2	46,3	57,2
BR4	1,60 b	7,58	265,8 h	3,51 f	5,63 g	39,2	636,0	354,1	44,3	56,2
BR5	1,48 b	7,78	235,8 b	3,78 i	4,60 c	35,8	572,0	286,0	50,0	59,9
BR6	1,13 b	7,05	279,9 h	3,68 i	4,43 b	49,2	731,4	454,5	37,8	53,7
BR7	1,20 b	7,80	287,3 h	3,47 d	5,60 g	43,8	733,2	395,0	46,1	56,6
BR8	0,88 a	7,30	275,2 h	3,76 i	4,03 a	38,2	749,4	401,7	46,4	50,8
BR9	1,05 b	8,20	249,7 d	3,35 a	6,20 g	37,2	607,3	342,2	43,6	58,2
BR10	1,55 b	7,98	228,7 a	3,67 i	5,35 f	38,4	459,5	309,2	32,7	61,3
BR11	1,20 b	7,18	259,1 g	3,46 d	5,38 f	45,2	715,9	404,6	43,4	55,7
BR12	1,60 b	6,85	270,5 h	3,61 h	4,90 e	40,2	559,9	342,2	38,8	57,8
BR13	1,15 b	7,68	275,2 h	3,56 g	5,20 e	40,4	671,0	363,5	45,8	56,1
BR14	1,28 b	7,68	275,2 h	3,60 h	5,08 e	40,0	683,1	367,8	46,1	57,1
BR15	1,65 b	6,90	282,6 h	3,60 h	4,93 e	40,6	518,7	355,8	31,3	57,4
BR16	1,58 b	7,15	261,1 h	3,61 h	4,98 e	40,6	645,1	362,1	43,8	57,4
BR17	1,48 b	7,30	259,1 f	3,54 g	5,18 e	35,4	556,8	322,7	42,0	56,1
BR18	1,10 b	7,53	261,1 h	3,55 g	5,18 e	37,4	726,9	348,3	52,0	54,8
BR19	1,10 b	7,83	247,7 c	3,46 d	5,55 g	35,2	638,2	321,3	49,6	57
BR20	1,23 b	8,43	256,4 f	3,40 c	6,27 g	43,2	755,7	395,4	47,6	56,2
BR21	1,13 b	8,25	254,4 e	3,37 b	6,05 g	37,6	656,3	350,8	46,5	56,8
Media	1,31 **	7,56 n.s	263,4 **	3,55 **	5,25 **	39,7	642,1	357,3	44	56,7

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas de acuerdo con el test de Duncan
n.s, ** no significativo y significativo para $p<0.01$

Estudios enológicos

Las características enológicas relativas a parámetros clásicos y características cromáticas de los vinos se muestran en la Tabla 3.

Los vinos obtenidos han presentado valores medios de acidez de 7 $g \cdot L^{-1}$ de tartárico. Estos valores de acidez son más elevados que los esperados para la variedad (Cortés y Díaz, 2011) en esta zona de cultivo, consecuencia de que en este caso no tuvo lugar la fermentación maloláctica, pues tras el descube se adicionó lisozima.

Las características del mosto se han reflejado en los vinos obtenidos, así los clones BR2, BR3, BR7, BR14 y BR15 han sido los que presentaron mayor graduación y nivel de acidez inferior a la media, si bien son también de destacar por la relación de grado y acidez los clones BR4, BR13 y BR17.

Tabla 3. Parámetros clásicos y características fenólicas de los vinos obtenidos a partir de cada uno de los clones estudiados del cv. Brancellao en 2013.

Clones	º Alc. % v/v	Ac. total $g \cdot L^{-1}$ ác. tart.	pH -	Azúcares $g \cdot L^{-1}$	Ác. málico $g \cdot L^{-1}$	Ác. Tart. $g \cdot L^{-1}$	Taninos $g \cdot L^{-1}$	IPT -	Antocianos $mg \cdot L^{-1}$
BR1	13,2	6,4	3,80	1,6	2,4	2,6	1,10	38,5	289,6
BR2	14,3	6,4	3,77	2,0	2,1	3,0	1,32	40,9	298,3
BR3	14,3	6,7	3,77	1,2	2,3	2,9	0,93	34,4	275,6
BR4	13,8	6,7	3,75	1,7	2,4	2,8	0,99	37,0	283,5
BR5	11,6	8,2	3,45	1,2	2,4	3,8	0,78	27,5	170,6
BR6	13,2	6,5	3,79	1,6	2,4	2,6	1,03	37,8	292,2
BR7	14,2	7,0	3,68	1,9	2,1	2,8	0,99	33,7	259,0
BR8	13,6	8,0	3,51	2,3	2,1	3,6	0,81	32,7	209,1
BR9	12,9	7,4	3,51	1,3	2,1	4,0	0,85	35,0	257,2
BR10	11,9	7,7	3,53	1,5	2,5	3,5	0,79	27,9	181,1
BR11	12,8	7,0	3,69	1,1	2,4	2,8	1,07	35,5	250,2
BR12	13,2	6,3	3,88	1,7	2,5	2,6	1,05	36,9	210,8
BR13	14,0	6,7	3,76	1,6	2,3	2,7	1,07	34,7	247,6
BR14	13,5	7,0	3,69	1,5	2,3	3,0	0,87	34,1	233,6
BR15	14,2	6,6	3,84	1,9	2,5	2,7	1,20	39,1	239,7
BR16	13,0	6,8	3,77	1,3	2,4	2,4	0,74	30,2	196,0
BR17	13,5	7,0	3,79	2,4	2,8	2,7	0,89	34,2	227,5
BR18	13,1	7,1	3,66	1,6	2,1	2,8	0,81	32,3	202,1
BR19	12,7	7,2	3,66	3,3	2,5	3,1	0,87	32,2	188,1
BR20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BR21	13,2	7,7	3,56	2,9	2,4	3,5	0,87	30,5	205,6
Media	13,3	7,0	3,69	1,8	2,4	3,0	0,95	34,26	235,9

La variación en la riqueza fenólica entre clones fue superior al 30% (valores de IPT entre 27,5 y 40,9). Diez de los clones han presentado una riqueza fenólica superior a la media (IPT superior a 34,26), que se correspondió en la mayoría de los casos con contenidos en antocianos totales también superior a la media (valores superiores a 235,9 $mg \cdot L^{-1}$).

El análisis conjunto de todos los parámetros analíticos indica que los clones BR2, BR3, BR4, BR13, BR15, mantienen valores equilibrados de graduación y acidez y además presentan valores altos de IPT y antocianos.

CONCLUSIONES

El comportamiento agronómico y el enológico de los clones de la variedad Brancellao objeto de este estudio han estado fuertemente marcados por las condiciones climatológicas, que determinaron una baja brotación y fertilidad de las yemas, y producciones muy inferiores a las esperadas para la variedad.

El estudio conjunto de parámetros agronómicos, de maduración tecnológica fenólica y parámetros enológicos en los vinos elaborados indican, para la campaña del 2013, que los clones BR2, BR3, BR4 y BR15 se encuentran entre los que producen vinos equilibrados y con características fenólicas superiores a la media.

Agradecimientos

Este estudio se ha realizado dentro de la submedida 214.2.4 del Programa de Desenvolvemento Rural –PDR- (fondos FEDER).

Referencias

Cortés, S., Díaz, E. (2011). Characterization of autochthonous monovarietal wines from red Brancellao L. cultivars. Journal of Food Composition and Analysis, 24,154–159.

Díaz, E. (2011). Selección clonal de variedades tintas en Galicia: Sousón, Brancellao, Espadeiro y Caíño Tinto. Reunión del Grupo Español de Seleccionadores de Vid. Madrid.

Glories, Y. (1984). La colour des vins rouges. Mesure, origine et interpretation. Conn. VigneVin, 18, 253-271.

O.I.V. (2009). Compendium of International Methods of Wine and Must Analysis vols. 1 and 2. Office International de la Vigne et du Vin (Ed.). París, Francia.

Río, S., Soto, E., Díaz, E. (2008). Influence of ripeness grade on accumulation and extractability of grape skin anthocyanins in different cultivars. Journal of Food Composition and Analysis, 599-607.

Saint_Cricq, N., Vivas, N., Glories, Y. (1998). Maturite phenoloque: definition et côntrole. Revue Francaise d'Oenologie, 173, 22-25.

Importancia de la variedad 'Hebén' en la viticultura ibérica

L.H. Zinelabidine[1], J. Cunha[2,3], J.E. Eiras-Dias[2], F. Cabello[4], J.M. Martínez-Zapater[1] y J. Ibáñez*[1].

1 Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC, Universidad de La Rioja, Gobierno de La Rioja). Complejo Científico Tecnológico, C/Madre de Dios 51, 26006, Logroño, La Rioja (España). *E-mail: javier.ibanez@icvv.es
2 INIAV, Quinta d'Almoinha, 2565-191 Dois Portos (Portugal).
3 UNL, ITQB - Quinta do Marquês, 2784-505 Oeiras (Portugal).
4 Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA), Finca El Encín, Ctra. A2, 28800 Alcalá de Henares, Madrid (España).

Resumen

Muchas variedades antiguas como 'Hebén' estuvieron en otros tiempos ampliamente distribuidas en la Península Ibérica. Algunas de ellas contribuyeron a la producción de nuevas variedades con mayor o menor importancia, algunas de las cuales todavía se cultivan de forma considerable. El estudio del origen genético de las variedades cultivadas actualmente es posible gracias al análisis del ADN, por un lado, y a la conservación de variedades no cultivadas en la actualidad que se mantienen en las colecciones de variedades, por otro. Trabajos publicados y resultados propios previos apuntaban a que la variedad blanca femenina 'Hebén', que en la actualidad prácticamente solo se conserva en colecciones, había participado en el origen genético de variedades ibéricas. Por ello, el objetivo de este estudio era buscar relaciones genéticas de primer grado entre la variedad 'Hebén' y variedades ibéricas y mediterráneas, utilizando un panel de marcadores de ADN de tipo SNP y más de 1100 genotipos diferentes. Mediante esta estrategia se identificaron 23 tríos (padre-madre-hijo) y 37 dúos (padre o madre-hijo) con valores altos de fiabilidad. La mayoría de los tríos involucraban a variedades portuguesas, mientras que casi todos los dúos implicaban a variedades españolas. Este gran número de descendientes de 'Hebén' señala a esta variedad como una de las claves genéticas que explica el patrimonio histórico varietal ibérico. Además, algunas de las variedades relacionadas con 'Hebén' están entre las más cultivadas en la actualidad: 'Airén', 'Cayetana Blanca', 'Viura', 'Xarello' y 'Pedro Ximénez' dan cuenta de más de 300.000 ha en España, lo que demuestra la importancia de la herencia de 'Hebén' en la actual viticultura española.

Palabras clave: genética histórica, marcadores moleculares, pedigríes, relaciones genéticas, SNPs.

INTRODUCCIÓN

España es el país con mayor superficie de viñedo del mundo, con aproximadamente un millón de ha, fundamentalmente dedicadas a uva para vinificación. Cuenta con un considerable patrimonio varietal, de más de 200 variedades consideradas locales o autóctonas (Lacombe et al., 2011). En el caso de Portugal, su superficie de cultivo es considerablemente menor (240.000 ha), pero cuenta con un acervo varietal muy importante, de más de 500 variedades (Lacombe et al., 2011). Por todo ello, la península ibérica es, en conjunto, una de las regiones con mayor superficie y patrimonio varietal del

mundo (Lacombe et al., 2011). Sin embargo, la realidad es que unas pocas variedades copan una gran proporción de superficie de cultivo. Así, 'Airén' y 'Tempranillo' ocupan casi la mitad del área total de viñedo en España, unas 470.000 ha (Cabello et al., 2011). Esta preferencia ha llevado a la desaparición en cultivo comercial de muchas variedades. Sin embargo, la tendencia parece estar cambiando, y existe un creciente interés por el aprovechamiento de variedades locales o autóctonas. En este sentido, el conocimiento de su origen genético puede contribuir a proporcionar un valor añadido a estas variedades, además de a entender el origen y el desarrollo histórico de la viticultura de una región. El objetivo de este trabajo es analizar la importancia de la variedad blanca femenina 'Hebén' ('Mourisco Branco' en Portugal) en la viticultura ibérica.

MATERIAL Y MÉTODOS

El procedimiento de extracción del ADN y análisis de marcadores SNP se ha descrito previamente (Zinelabidine et al., 2012). El estudio global de parentesco incluyó un total de 1115 genotipos diferentes, de los que unos 600 corresponden a variedades y accesiones silvestres ibéricas. Se llevaron a cabo dos tipos de análisis con el programa Cervus (Kalinowski et al., 2007): por un lado, para cada posible descendiente se hizo una búsqueda de los cruzamientos más probables que lo originaron (trío padre-madre-hijo); por otro lado se llevó a cabo un análisis de posibles relaciones padre-hijo o madre-hijo (dúos). El programa proporciona en cada caso información sobre, entre otros, el número de alelos incompatibles entre cada posible progenitor y el descendiente, así como el número de alelos incompatibles para el trío en conjunto o para el dúo. Además Cervus también proporciona información sobre la fiabilidad de los cruzamientos encontrados, en forma de valores LOD. Se seleccionaron todos aquellos tríos que presentaron 3 o menos alelos incompatibles y los dúos con 0 ó 1 alelo incompatible.

En este trabajo se han incluido 76 variedades ibéricas que mostraron relaciones genéticas de primer grado con la variedad 'Hebén' o estuvieron involucradas en esas relaciones (co-progenitores). La mayor parte del material procedía de las colecciones de variedades de vid existentes en La Grajera (Gobierno de La Rioja, ICVV, ESP217), en la finca El Encín (IMIDRA, ESP080) y en la Quinta da Almoinha (INIA, PRT051). Las variedades marroquíes que aparecen procedían del banco de germoplasma de Sodea, en Meknes, Marruecos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de genotipos SNP fueron depurados y finalmente se seleccionaron 261 SNPs, que se emplearon en los análisis de parentescos. Los resultados permitieron identificar un total de 23 tríos y 37 dúos que involucraban a la variedad 'Hebén' junto a otras variedades ibéricas (Figura 1, Tabla 1, Tabla 2). Algunas de las relaciones genéticas detectadas se habían descrito previamente, sobre todo en el trabajo de Lacombe et al. (2013), pero en general con valores bajos de LOD. En nuestro trabajo todos los valores LOD para los tríos, excepto uno, fueron superiores a 64 (Tabla 1), lo que indica la gran fiabilidad de los pedigríes encontrados. Dado que 'Hebén' es una variedad de flor femenina, en todos los cruzamientos debió actuar como madre, por lo que además transmitió el tipo cloroplástico A, el más extendido entre las variedades y vides silvestres ibéricas.

Tabla 1. Resumen de tríos donde'Hebén' es uno de los progenitores.

Descendencia	Progenitor 2	Nº SNP (incompat.)	Valor LOD	Referencias[a]
Allarén	Alfrocheiro	241 (0)	78.63	
Boal Espinho	Malvasia Fina	212 (2)	83.86	
Castelao Branco	Alfrocheiro	220 (0)	71.52	
Cot de Cheragas	Monastrell	241 (0)	87.46	3
Côdega do Larinho	Rabigato	214 (1)	70.55	
Lariao	Ahmeur Bou	192 (2)	70.18	
Malvasia	Amaral	221 (0)	74.45	2; 3
Malvasia Babosa	Malvasia Di	250 (0)	70.46	
Malvasia Fina	Alfrocheiro	252 (3)	70.86	3
Mandón	Graciano	240 (2)	76.44	1; 3
Montúa	Bou Osob	253 (1)	94.41	
Moscatel de Angüés	Muscat of	240 (0)	80.77	
Moscatel Nunes	Muscat of	215 (1)	73.37	
Padeiro de Basto	Vinhao	216 (1)	66.34	3
Rabigato Moreno	Rabigato	213 (0)	82.06	
Roupeiro Branco	Folgasao	215 (2)	53.24	
Señá	Manseng Noir	238 (0)	79.93	
Tinta Grossa	Alfrocheiro	222 (0)	74.68	3
Trincadeira Branca	Trousseau Noir	209 (0)	64.57	
Trincadeira das	Alfrocheiro	245 (0)	79.89	
Verdejo de	Listan Prieto	238 (0)	95.3	
Viura	Brustiano Faux	241 (1)	78.76	1; 3
Xarello	Brustiano Faux	239 (1)	80.29	3

[a] Referencias: 1: García-Muñoz et al. (2011); 2: Lacombe et al. (2007); 3: Lacombe et al. (2013).

Variedades portuguesas

De los 23 tríos encontrados, 14 correspondieron a variedades portuguesas (Tabla 1). 'Alfrocheiro', conocido en España como 'Bruñal', 'Albarín Negro', o 'Bastardo Negro', está involucrado en 5 cruzamientos con 'Hebén', que dieron lugar a 4 variedades portuguesas: 'Castelao Branco', 'Malvasia Fina', 'Tinta Grossa' y 'Trincadeira das Pratas', y a una española: 'Allarén'. 'Malvasia Fina' tiene más de 20 sinonimias, las más comunes son 'Boal', 'Boal Cachudo' y 'Boal da Madeira' en Portugal, y 'Torrontés' y 'Gual' en España. Es una variedad blanca importante en muchas regiones vitícolas portuguesas, ocupando un total de 5.500 ha (Böhm, 2011), especialmente en la Denominación de Origen Protegida (DOP) Douro e Porto y en la isla de Madeira, donde es conocida con el nombre de 'Boal'. En España ocupa 141 ha (2009), sobre todo en Galicia (Cabello et al., 2011), aunque también está autorizada en varias DOP canarias. 'Castelão Branco' y 'Tinta Grossa' ocupan en Portugal una pequeña superficie de 30 y 100 ha, respectivamente, y existen referencias a estas variedad anteriores a 1896 (Böhm et al., 2007). 'Trincadeira das Pratas' está plantada en 270 ha en las DOP Alentejo y Ribatejo (Böhm et al., 2007), pero solo se encuentran referencias bibliográficas de este cultivar en el siglo XX.

'Rabigato Moreno' y 'Côdega de Larinho' son descendientes de 'Hebén' y 'Rabigato', que se cultivan en la región de Douro. También de esa región es 'Moscatel Nunes', que podría ser el mismo que 'Nuno Gomes', para el que se ha descrito el mismo pedigrí (Lacombe et al., 2013). 'BoalEspinho', 'Malvasia', 'Trincadeira Branca' y 'Roupeiro Branco' se cultivan en Extremadura (Portugal), mientras que 'Padeiro de

Basto', 'Lariao' y 'Malvasia Babosa' son originarias de Vinhos Verdes, Alentejo y Madeira respectivamente (Cunha et al., 2013).

Además, 'Hebén' mostró una relación estrecha con otras cuatro variedades portuguesas, compartiendo al menos un alelo en cada uno de los 261 SNP estudiados, lo que indica una posible relación paterno-filial entre 'Hebén' y 'Almafra', 'Gouveio Real', 'Lourela' y 'Perrum' (Tabla 2).

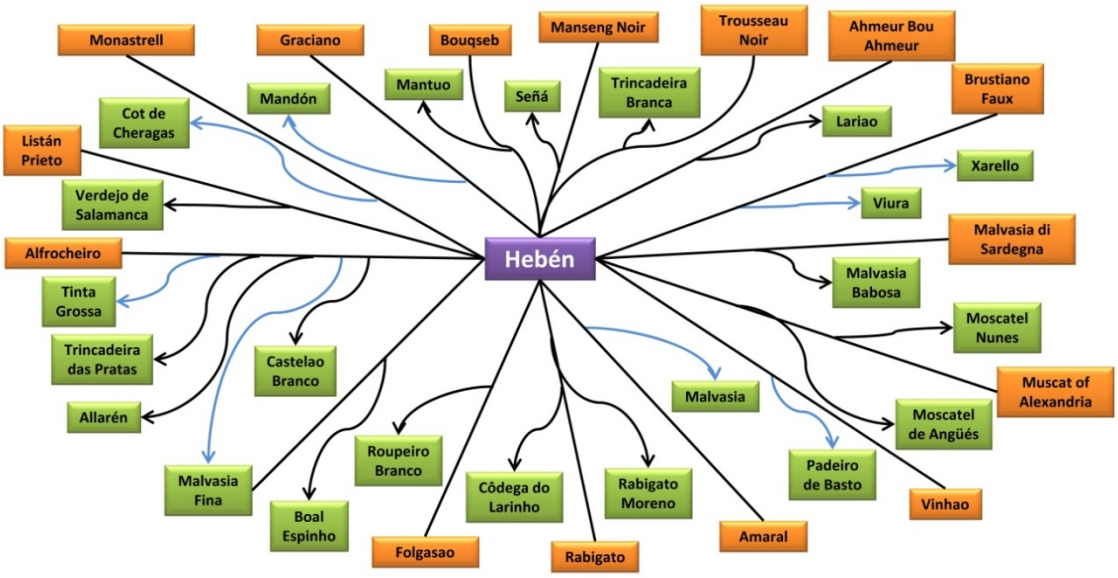


Figura 1. Red de pedigríes completos (tríos) en torno a la variedad 'Hebén'. Las líneas azules indican cruces descritos previamente (Tabla 1).

Variedades españolas

En el caso de las variedades españolas, ocurre al contrario que con las portuguesas: se han detectado muchos dúos y menos tríos, posiblemente debido a la desaparición de variedades antiguas involucradas en los cruzamientos.

Entre los tríos, y aparte del ya citado'Allarén', solamente en dos casos el segundo progenitor es también de origen ibérico: 'Mandón' es el descendiente de 'Graciano' (y 'Hebén'), y 'Verdejo de Salamanca' es hijo de 'Listán Prieto'. En los otros casos el progenitor masculino no es de origen ibérico, como 'Muscat of Alexandria', que es el padre de 'Moscatel de Angüés'. El cruzamiento entre 'Hebén' y 'MansengNoir' ('Ferrón' en España) dio lugar a la variedad 'Señá'. 'Ferrón' fue mencionado por vez primera en España a comienzos del siglo XX en la región de Orense como 'Ferrol' (García de los Salmones, 1914) y se cultiva en Galicia. Los resultados de SNP también confirmaron que las variedades 'Xarello' y 'Viura' proceden del cruzamiento entre 'Hebén' y una variedad desconocida a la que se ha denominado 'BrustianoFaux' (García-Muñoz et al., 2011; Lacombe et al., 2013). Estos autores también describieron la variedad 'Gorgollasa' como descendiente de 'Hebén' y 'Monastrell' en base a 20 microsatélites, pero los datos de SNP solo confirmaron la compatibilidad de 'Hebén' (Tabla 2), mientras que 'Monastrell'resulta excluida como progenitor de esta variedad.

Finalmente, 'Hebén' aparece en dos tríos más: junto con la variedad marroquí 'Bou Qsob' dio lugar a la variedad española 'Montúa' ('Diagalves' en Portugal) y junto con la variedad española 'Monastrell' generó la variedad marroquí 'Cot de Cheragas' (Tabla 1).

Tabla 2. Variedades involucradas en dúos con 'Hebén' y que por tanto tienen una posible relación paterno-filial con esta variedad.

Cultivar	Nº SNP (incomp.)	Valor LOD	Referencias[a]
Airén	241 (1)	34,13	3
Alarije	235 (0)	30,88	2[b]; 3[b]
Albillo de Granada	202 (0)	28,75	
Almafra	215 (1)	15,26	
Beba	246 (0)	41,74	
Castillo de Arcos	241 (1)	27,84	
Cayetana	245 (0)	24,49	
Corazón de Cabrito	240 (1)	30,22	
Derechero de	239 (1)	23,42	
Eperó de Gall	237 (1)	20,32	3
Ferral	233 (1)	33,44	
Forcallat Tinta	201 (0)	30,95	3
Fumat	237 (1)	28,32	
Gorgollasa	240 (0)	25,37	1[b]; 3[b]
Gouveio Real	215 (0)	21,94	
Jeronimo	225 (0)	32,93	3
Lourela	214 (0)	17,69	
Malvar	234 (0)	37,33	3[b]
Malvasía Común	239 (1)	20,55	
Merseguera	244 (1)	30,62	3[b]
Miguel de Arco	235 (1)	24,94	3
Molinera	230 (0)	32,89	
Moll	239 (0)	29,24	
Mollar Cano	250 (1)	20,86	
Naparo	221 (0)	28,57	
Pedro Ximenes	249 (0)	31,87	3; 4
Perrum	211 (1)	26,12	3
Planta Fina	214 (0)	35,44	
Quigat	244 (0)	30,73	3
Sabro	237 (1)	20,37	3
Sumoll	237 (0)	37,26	3
Tarragoní	243 (0)	33,57	3
Torralba	223 (1)	27,19	
Trepat	238 (0)	31,81	3
Turruntés	221 (1)	26,44	
Verdil	229 (0)	24,96	
Vijiriega Común	244 (0)	26,63	3

[a] Referencias: 1: García-Muñoz et al. (2011); 2: Lacombe et al. (2007); 3: Lacombe et al. (2013); 4: Vargas et al. (2007).
[b] Aportan el cruce completo (trío).

Asimismo se ha detectado un gran número de dúos entre 'Hebén' y otras variedades españolas (Tabla 2). En la práctica totalidad de los casos estas variedades serán probablemente descendientes de 'Hebén', lo que, añadido a los tríos ya mencionados y a otras relaciones de primer grado descritas por Lacombe et al. (2013) con variedades no estudiadas en este trabajo, revelan la enorme importancia de la variedad 'Hebén' en la viticultura ibérica. De un total de 332 variedades ibéricas estudiadas aquí, 'Hebén' tiene relaciones de primer grado con 60. Además, algunas de las variedades relacionadas con 'Hebén' son muy relevantes en la viticultura española en términos de superficie cultivada en la actualidad: 'Airén', 'Cayetana Blanca', 'Viura', 'Xarello' y 'Pedro Ximenes' ocupaban en 2009 más de 350.000 ha en España, lo que representa aproximadamente un tercio de la superficie total de cultivo (Cabello et al., 2011). En el caso de las variedades portuguesas, su papel es más testimonial, salvo en el caso de 'Malvasia Fina', con más de 5.000 ha (Böhm, 2011).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos con el análisis de marcadores SNP permitieron descubrir el origen genético completo de 15 variedades descendientes de 'Hebén' y confirmar 8 pedigríes propuestos con altos valores de LOD. Asimismo se descubrieron 20 nuevas posibles relaciones paterno-filiales con esta variedad y se confirmaron otras 17. Estos

resultados demuestran el importante rol que la variedad femenina 'Hebén' desempeñó en la generación del vasto patrimonio varietal ibérico.

Agradecimientos

L.H. Zinelabidine disfrutó una beca de la Agencia Española de Cooperación Internacional. Jorge Cunha disfrutó una beca Post-doctoral de la "Fundação para a Ciência e Tecnologia" (SFRH/BPD/ 74895/2010). Ambos fueron apoyados por la Acción COST FA1003 "East-West CollaborationforGrapevineDiversityExplorationand Mobilization of AdaptiveTraitsforBreeding", que financió sus estancias en el ICVV.

Referencias

Böhm, J. (2011). Atlas das castas da Península Ibérica. Historia, terroir, ampelografia, Dinalivro, Lisbon, pp. 319.

Böhm, J., Antunes, M.T., Andrade, R., Barroso, J.M., Cabrita, M.J., Cardoso, H., ..., Veloso, M.M. (2007). Portugal Vitícola, O Grande Livro das Castas: enciclopédia dos vinhos de Portugal. Chaves Ferreira Publicações, S.A. , Lisbon (Portugal).

Cabello, F., Ortiz, J., Muñoz-Organero, G., Rodríguez-Torres, I., Benito, A., Rubio, C., ..., Sáiz, R. (2011). Variedades de Vid en España. Comunidad de Madrid and Editorial Agrícola, Madrid.

Cunha, J., Teixeira-Santos, M., Brazão, J., Fevereiro, P., Eiras-Dias, J.E. (2013). Portuguese *Vitis vinifera* L. Germplasm: Accessing its Diversity and Strategies for Conservation. In: The Mediterranean Genetic Code - Grapevine and Olive, Eds. Poljuha, D. and Sladonja, B. Intech.

García-Muñoz, S., Lacombe, T., de Andrés, M.T., Gaforio, L., Muñoz-Organero, G., Laucou, V., ..., Cabello, F. (2011). Grape varieties (Vitis vinifera L.) from the Balearic Islands: genetic characterization and relationship with Iberian Peninsula and Mediterranean Basin. Genetic Resources and Crop Evolution, 59, 589-605. . doi: 10.1007/s10722-011-9706-5.

García de los Salmones, N. (1914). Memoria General de las Sesiones del Congreso y Ponencias presentadas. Imprenta provincial, Pamplona.

Kalinowski, S.T., Taper, M.L., Marshall, T.C. (2007). Revising how the computer program CERVUS accommodates genotyping error increases success in paternity assignment. Molecular Ecology, 16, 1099-1106. doi: 10.1111/j.1365-294X.2007.03089.x.

Lacombe, T., Audeguin, L., Boselli, M., Bucchetti, B., Cabello, F., Chatelet, P., ..., This, P. (2011). Grapevine European Catalogue: Towards a Comprehensive List. Vitis, 50, 65-68.

Lacombe, T., Boursiquot, J.-M., Laucou, V., Di Vecchi-Staraz, M., Péros, J.-P., This, P. (2013). Large-scale parentage analysis in an extended set of grapevine cultivars (*Vitis vinifera* L.). Theoretical and Applied Genetics, 126, 401-414. doi: 10.1007/s00122-012-1988-2.

Lacombe, T., Boursiquot, J.M., Laucou, V., Dechesne, F., Vares, D., This, P. (2007). Relationships and genetic diversity within the accessions related to malvasia held in the Domaine de Vassal grape germplasm repository. American Journal of Enology and Viticulture, 58, 124-131.

Vargas, A.M., Velez, M.D., de Andres, M.T., Laucou, V., Lacombe, T., Boursiquot, J.M., ..., Ibáñez, J. (2007). Corinto bianco: A seedless mutant of Pedro Ximenes. American Journal of Enology and Viticulture, 58, 540-543.

Zinelabidine, L.H., Haddioui, A., Rodríguez, V., Cabello, F., Eiras-Dias, J.E., Martínez-Zapater, J.M., Ibáñez, J. (2012). Identification by SNP analysis of a major role for Cayetana Blanca in the genetic network of Iberian Peninsula grapevine varieties. American Journal of Enology and Viticulture, 63, 121-126. doi: 10.5344/ajev.2011.11052.

Análisis fenotípico y molecular de la variante de fruto oval en la variedad de vid Prieto Picudo

L. Pereira[1,2], P. Carbonell-Bejerano[1], R. Torres-Pérez[1], C. Royo[1], J. Yuste*[2] y J.M. Martínez Zapater*[1].

1 Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC, Universidad de La Rioja, Gobierno de La Rioja). C/ Madre de Dios, 51, 26006, Logroño. *E-mail: zapater@icvv.es
2 Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. Ctra. Burgos, km 119, 47071, Valladolid. *E-mail: yusbomje@itacyl.es

Resumen

La variedad de uva tinta de vinificación Prieto Picudo, tradicional de Castilla y León, presenta una variante somática, denominada Prieto Picudo Oval, con bayas más ovaladas. Desde hace décadas se ha mostrado interés por esta variante y se han seleccionado clones con este fenotipo. En este trabajo se presenta la caracterización fenotípica de las dos variantes, normal y oval, y se investigan las causas celulares y moleculares de las diferencias encontradas y el momento del desarrollo en el que se establecen. Una caracterización morfométrica del pistilo en antesis mostró que ya durante su desarrollo pre-antesis se establece una diferencia en la longitud de un componente concreto del pistilo, el estilo, que es más largo en la variante oval. Análisis similares de la morfología del fruto y de la semilla identificaron que tanto las uvas maduras como las semillas son también más largas en esta variante. Un análisis histológico en tres estadios del desarrollo del pistilo y del fruto sugirió que la diferencia en la forma del fruto podría estar relacionada con la existencia de mayor número de divisiones celulares durante la morfogénesis del estilo en la variante oval. Pese a la mayor longitud del estilo en esta variante, su línea celular epidérmica presenta células de menor tamaño y por tanto más células. Sin embargo, en el fruto en pre-envero ya no se observan diferencias significativas entre las dos variantes en el tamaño celular, lo que indica que la expansión celular no está afectada. Un experimento de RNAseq permitió identificar 52 genes expresados diferencialmente entre flores de ambas variantes durante la morfogénesis del pistilo. Entre ellos, el gen más sobre-expresado en la variante oval, anotado como receptor de glutamato, presentó un único haplotipo expresado en esta variante y ausencia de expresión en la variante normal. Este hecho sugeriría que una mutación en un alelo de este gen o en la secuencia reguladora provoca su desregulación en la variante oval. Este trabajo supone un avance en el conocimiento de los procesos de desarrollo que producen variaciones de forma de fruto en la vid y podría servir como base para la identificación de la mutación responsable de la variación somática entre las variantes oval y normal de Prieto Picudo.

Palabras clave: variación somática, selección clonal, forma de uva, división celular, expresión génica.

INTRODUCCIÓN

El origen de la variedad Prieto Picudo no se conoce con exactitud, pero se pueden encontrar en la literatura numerosas referencias al cultivo de la misma en Castilla y León (Yuste et al., 1998), y al consumo y comercialización del vino elaborado. Actualmente es

la variedad principal de la Denominación de Origen Tierra de León, ubicada en el SE de León, el N de Valladolid y el NE de Zamora. Prieto Picudo presenta un racimo pequeño en general, de forma cónica, con alas y compacto. La baya suele ser pequeña, negra y más o menos apuntada. Las propiedades agronómicas más importantes son: baja fertilidad, que en parte lleva a una producción media-baja, época de maduración media y vigor medio (Arranz et al., 2007). Además, en general es poco sensible a plagas y enfermedades. En la uva, sobresalen la excelente relación entre contenido de azúcares y acidez total y su destacable color (Rubio et al., 2009).

Durante la selección y el estudio de cepas en las parcelas en las que se encontraba originalmente Prieto Picudo se obtuvieron clones certificados (Yuste et al., 1998) y se observó la existencia de algunas plantas con ciertas características diferenciales, especialmente una forma oval de la baya más marcada. Esta variante somática de Prieto Picudo se denominó Prieto Picudo Oval (PPO) para la que se enunciaron varias diferencias existentes con respecto a Prieto Picudo Normal (PPN). Entre ellas, una forma de la baya más oval en PPO, una mayor compacidad del racimo en PPN, y peso medio de la pepita, más elevado en PPO. Puesto que todas las cepas de Prieto Picudo proceden de propagación vegetativa a partir de una semilla original, las diferencias fenotípicas entre las variantes de Prieto Picudo pueden deberse a mutaciones somáticas mantenidas en algunas líneas a través de su reproducción vegetativa. Para identificar estas mutaciones realizamos un análisis comparativo para obtener más información sobre las causas genéticas de las diferencias fenotípicas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material vegetal estudiado de PPN (Prieto Picudo Normal) y PPO (Prieto Picudo Oval) corresponde a vides situadas en la finca Zamadueñas (Valladolid), del Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. Como control se utilizaron dos clones certificados de Prieto Picudo, CL-9 y CL-58, del este mismo Instituto. Como variantes somáticas se utilizaron tres clones de Prieto Picudo Oval: PPO1, PPO2 y PPO3.

Se caracterizaron morfológicamente pistilos de flores recién abiertas (100 pistilos por clon), bayas maduras (150 por clon) y semillas (las de las 150 bayas analizadas). Se escanearon a gran resolución los pistilos y las semillas para medir diversos parámetros con el programa ImageJ (Figura 1).

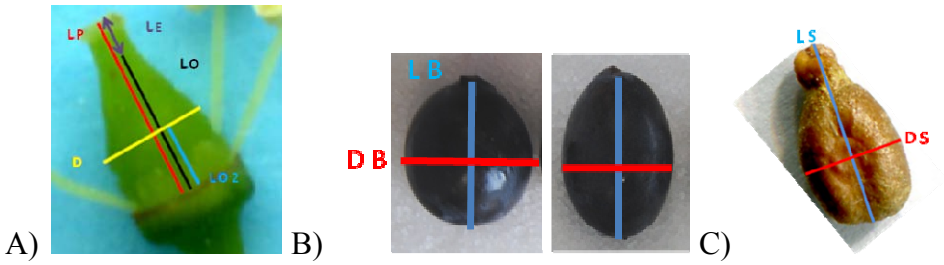


Figura 1. **A**) Medidas realizadas en cada pistilo: longitud del ovario (LO), longitud de la flor completa (LP), longitud desde la base del ovario hasta el diámetro máximo (LO2) y el diámetro máximo (D); y la derivada longitud del estilo (LE). **B**) Medidas de bayas: longitud (LB) y diámetro (DB). **C**) Medidas en semilla escaneada: longitud (LS) y diámetro (DS).

La caracterización histológica se llevó a cabo en los clones PPN58 y PPO3 en 3 estadios de desarrollo: flor en antesis recién abierta, fruto en cuajado y fruto en pre-envero. Las muestras se fijaron en FAA (Formalin-Acetic-Alcohol), se deshidrataron en

series de etanol (50%, 60% y 70%) y se incluyeron en parafina. Se cortaron secciones longitudinales finas (8 µm) de la muestra en un microtomo (HM 330, MICROM) y se fijaron en los portaobjetos. Por último, se tiñeron con azul de toluidina.

El análisis histológico de la flor se centró en la epidermis del estilo por ser ésta la parte del pistilo que mostró dimensiones diferentes entre los morfotipos Oval y Normal. Se midió una línea alrededor del contorno interno de la epidermis de dichas zonas. Después se contó el número de células contenidas en esa longitud y se realizaron los cálculos correspondientes para obtener la longitud celular media (cociente entre la longitud total medida en el contorno y el número de células que incluye) y la densidad celular (cociente entre el número de células contabilizadas y la longitud total medida). Ambos parámetros informan sobre el tamaño de las células estudiadas, permitiendo comparar los dos genotipos.

La zona elegida para el análisis del fruto en ambos estadios de desarrollo fue su parte distal que ontológicamente proviene del estilo. En los cortes histológicos del fruto se tomaron dos medidas por imagen en dos zonas: el mesocarpo interno (células grandes) y el mesocarpo externo (células pequeñas), realizando posteriormente la media aritmética para cada tejido en cada imagen. Para obtener el área celular y la densidad celular se utilizó una metodología similar a la descrita en trabajos similares (Houel et al., 2013). Con el programa ImageJ, se seleccionó un rectángulo donde las células se distinguieran claramente, se midió el área del rectángulo (tras introducir la escala correspondiente) y se contaron las células contenidas en el rectángulo marcado. Seguidamente se calcularon el área celular (cociente entre área del rectángulo y número de células) y la densidad celular (cociente entre número de células y área celular).

El análisis estadístico de las medidas fenotípicas se realizó mediante el software Statistica (StatSoft, Inc. versión 7.1, 2005). Se utilizó un diseño jerarquizado, en el que se consideraron tres factores (morfotipo, clon y planta) que contribuyen a la varianza. El factor clon está anidado a morfotipo, y el factor planta, a su vez, está anidado a clon. Para la comparación de datos histológicos recogidos en preparaciones de un solo clon por morfotipo se utilizó un análisis de varianza unidimensional.

El análisis de expresión diferencial se realizó entre los clones PPN58 y PPO3. Para ello se utilizaron tres réplicas biológicas de inflorescencias en estadio H (escala fenológica de Coombe (1995) de cada clon. La extracción de RNA se realizó con el kit Spectrum Plant Total RNA Kit (Sigma). La secuenciación del RNA (RNAseq) se llevó a cabo en el CRG (Centre for Genomic Regulation, Barcelona) generándose secuencias (*reads*) *paired-ends* de 101 nucleótidos de longitud. Tras el control de calidad las secuencias de mRNA se alinearon con el programa TopHat2 con la secuencia de referencia del genoma completo de vid, versión 12X (Jaillon et al., 2007). Para el análisis de expresión diferencial se utilizó el programa Htseq-count, que contabilizó los *reads* que alinean en cada gen anotado sin ambigüedades (por ejemplo, *reads* en genes solapados) y mediante el paquete EdgeR se identificaron genes diferencialmente expresados con $P < 0{,}05$ tras el ajuste de Bonferroni y un nivel de cambio ≥ 2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización morfométrica de pistilos, frutos y semillas

En la caracterización morfométrica del pistilo (Figura 2) las mayores diferencias entre los morfotipos oval y normal correspondieron a la longitud del estilo (LE) y al diámetro máximo del ovario (D). Los pistilos del morfotipo PPO muestran mayor LE (Tabla 1). En cambio, los pistilos de PPO tiene menor D que los pistilos de PPN.

Tabla 1. Valor medio y desviación estándar de las variables que presentaron mayores diferencias en pistilo (LE, longitud del estilo y D, diámetro máximo del ovario), en baya (LB, longitud y DB, diámetro) y en semilla (LS, longitud y DS, diámetro).

	Variable	PPN	PPO
Pistilo	LE (mm)	0,031 ±0,006	0,039±0,008
	D (mm)	0,137±0,009	0,133±0,008
Baya	LB (mm)	13,56±0,960	15,02±0.960
	DB (mm)	12,17±1,103	11,66±0,840
Semilla	LS (cm)	0,58±0,520	0,65±0,560
	DS (cm)	0,37±0,029	0,37±0,028

La diferencia en la forma de la baya es el carácter más evidente que ha permitido distinguir ambas variantes morfológicas de Prieto Picudo (Figura 2). Esta forma es más oval en PPO. Los clones ovales mostraron generalmente valores de LB superiores a los clones normales y valores de DB inferiores (Tabla 1). En las bayas maduras el valor de F fue marcadamente distinto entre clones de distintos morfotipos y muy similar entre clones del mismo morfotipo.

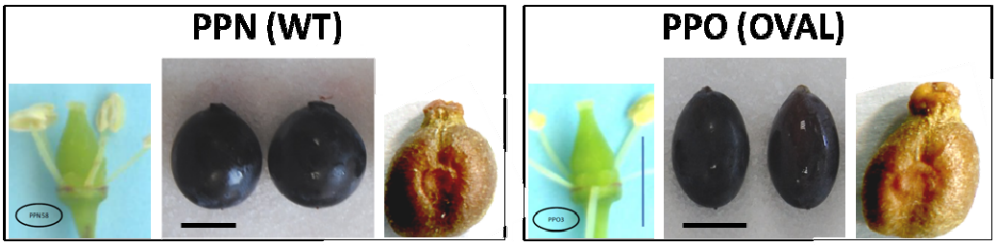


Figura 2. Pistilos, bayas y semillas de PPN y PPO.

En cuanto a la semilla, los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas en la LS (Figura 3), mayor en los morfotipos ovales que en los normales. Como consecuencia la variable derivada FS es mayor en los morfotipos ovales (Tabla 1).

Análisis histológico del pistilo y del fruto

A partir de los cortes histológicos de flores recién abiertas (Figura 3A) se caracterizó la composición celular de la epidermis del estilo (Figura 3B). La longitud celular de la epidermis (cociente entre la longitud del segmento y el número de células que contiene) y la densidad celular por unidad de longitud (cociente entre el número de células y la longitud del segmento) indican diferencias estadísticamente significativas. Las células epidérmicas del estilo del morfotipo oval son más pequeñas que las del normal (PPN58: longitud celular = 18,001±1,480, densidad celular = 56,103±4,545; PPO3: longitud celular = 15,537±0,542, densidad celular = 64,545±2,335).

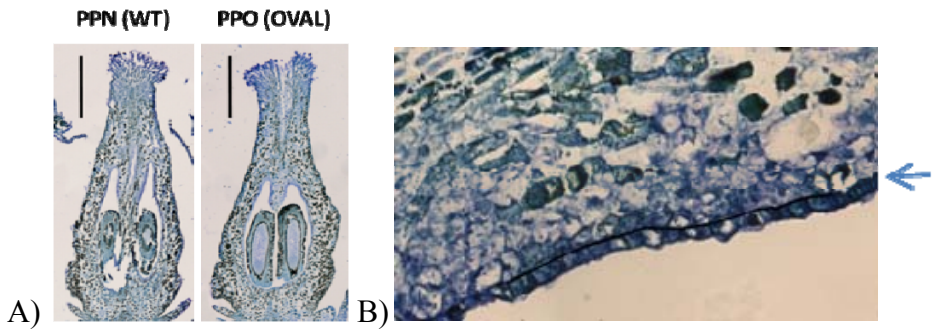


Figura 3. **A**) Cortes histológicos de un pistilo de PPN58 (izquierda) y PPO3 (derecha). **B**) Ejemplo de procedimiento de medida de células en la epidermis del pistilo. La línea negra, señalada por una flecha, sigue el contorno de la capa de células epidérmicas. Esta longitud se midió con el programa ImageJ y se contó el número de células incluidas.

En frutos en cuajado las diferencias entre morfotipos no fueron estadísticamente significativas para ninguna variable indicando que las células llegan a alcanzar tamaños similares en ambos morfotipos.

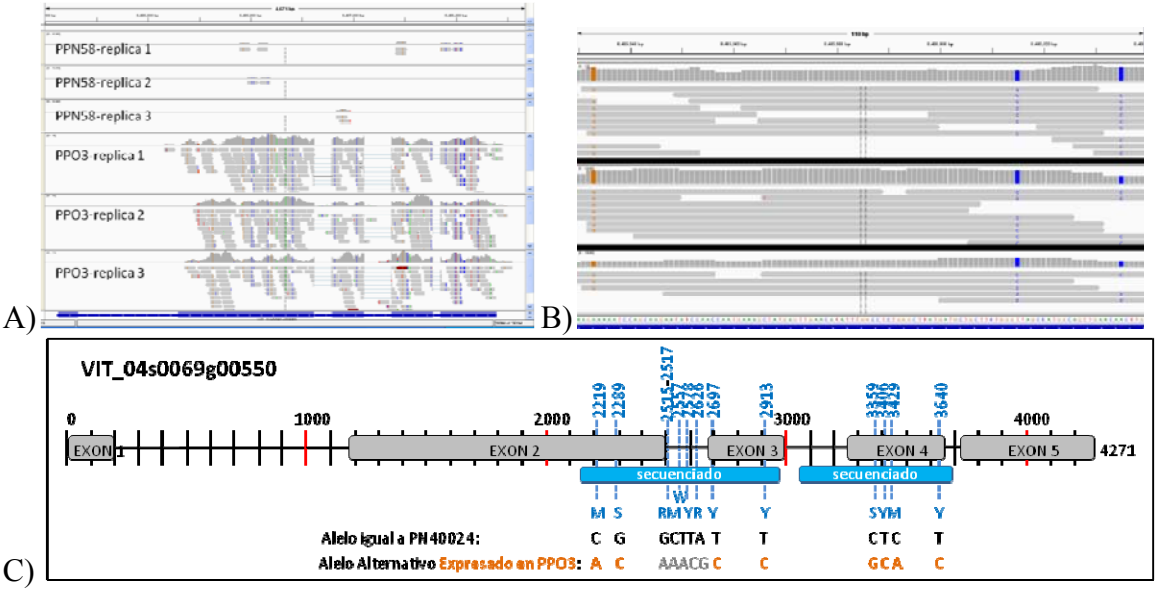


Figura 4. Alineamiento de los *reads* para el gen *VIT_04s0069g00550*. **A**) En PPN58 no hay *reads* porque no hay expresión del transcrito, en cambio en PPO3 sí. **B**) Fragmento exónico en las réplicas de PPO3 (separadas por las líneas negras) donde parece expresarse un único alelo. **C**) Esquema del gen *VIT_04s0069g00550* donde se muestran dos fragmentos de gDNA secuenciados (azul) en PPN58 y PPO3, y los polimorfismos heterocigotos presentes.

Comparación transcriptómica

El análisis transcriptómico identificó 52 genes expresados diferencialmente entre PPO y PPN. De ellos, 21 se encontraron sobreexpresados y 31 subexpresados en PPO3. Entre los sobreexpresados en PPO3 hay un gen, *VIT_04s0069g00550*, que destacó por presentar el mayor cambio de expresión (sobre-expresado más de 57 veces en PPO3 respecto a PPN58). Este gen está anotado en el genoma de la vid como un receptor de glutamato, un canal iónico que presenta similitud con receptores del neurotransmisor glutamato de animales (Grimplet et al., 2012).

El alineamiento de los *reads* indica además diferencias de expresión alélica en el gen del receptor de glutamato *VIT_04s0069g00550* (Figura 4A). Su expresión sólo se detectó en PPO3 y la secuencia de los *reads* indica que solo hay un haplotipo expresado (Figura 4B), a pesar de que la secuencia genómica indica el estado de heterocigosis del gen (Figura 4C).

CONCLUSIONES

La mayor longitud del estilo está relacionada con mayor número de células, aunque de menor tamaño, en el estilo de las flores de morfotipo oval. Se estima la existencia de una división adicional en al menos la mitad de sus células.

Las diferencias en la forma de la baya entre ambos morfotipos de Prieto Picudo se establecen en el desarrollo del pistilo y se mantienen a lo largo del desarrollo del fruto. La mayor longitud del fruto en PPO estaría relacionada con diferencias en el número de células y no en su tamaño.

Asociadas a la forma de la baya se detectaron diferencias en la forma de la semilla que es más alargada en los clones del morfotipo oval que en los del morfotipo normal.

A nivel de expresión génica, cabe destacar un gen anotado como receptor de glutamato, *VIT_04s0069g00550*, sobreexpresado en flores de PPO3 y no detectable en PPN58. La sobreexpresión de un único alelo de este gen es un indicio de que la mutación que causa la sobreexpresión se encuentre en *cis* con el alelo sobreexpresado de este gen.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con fondos del proyecto BIO2011-026229 y constituye la Tesis de Máster de L. Pereira.

Referencias

Arranz, C., de la Torre, S., Rubio J.A., Yuste J. (2007). Variabilidad genotípica, fenotípica y cualitativa de la variedad tinta Prieto Picudo. Vida Rural, 242, 54–57.

Coombe, B.G. (1995). Growth Stages of the Grapevine: Adoption of a system for identifying grapevine growth stages. Australian Journal of Grape and Wine Research, 1, 100-110.

Grimplet, J., Van Hemert, J., Carbonell-Bejerano, P., Díaz-Riquelme, J., Dickerson, J., Fennell, A., Pezzotti, M., Martínez-Zapater, J.M. (2012). Comparative analysis of grapevine whole-genome gene predictions, functional annotation, categorization and integration of the predicted gene sequences. BMC Research Notes, 5, 213.

Houel, C., Martin-Magniette, M-L., Nicolas, S.D., Lacombe, T., Le Cunff, L., Franck, D., Torregrosa, L., Conejero, G., Lalet, S., This, P., et al. (2013). Genetic variability of berry size in the grapevine (*Vitis vinifera* L.). Australian Journal of Grape and Wine Research, 19, 208–220.

Jaillon, O., Aury, J-M., Noel, B., Policriti, A., Clepet, C., Casagrande, A., Choisne, N., Aubourg, S., Vitulo, N., Jubin, C., et al. (2007). The grapevine genome sequence suggests ancestral hexaploidization in major angiosperm phyla. Nature, 449, 463–467.

Rubio, J.A., Yuste, J., Yuste, J.R., Alburquerque, M.V., Arranz, C., Barajas, E. (2009). Clones certificados de las principales variedades tradicionales de vid en Castilla y León.

Yuste, J., Peláez, H., Rubio, J.A., Robredo, L.M. (1998). Selección clonal y sanitaria de la vid en Castilla y León. Agricultura, 792, 548–552.

Análisis genético y molecular de la forma de la uva en la vid

E. Borzecka[1], N. Diestro[1], C. Royo[1], J. Carreño[2], P. Carbonell-Bejerano*[1], y J.M. Martínez-Zapater[1].

1 Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC, Universidad de La Rioja, Gobierno de La Rioja). C/ Madre de Dios, 51, 26006, Logroño. *E-mail: pablo.carbonell@icvv.es
2 Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA). Estación Sericícola. C/Mayor, s/n. 30150, La Alberca. Murcia.

Resumen

Las variedades de vid muestran un amplio rango de variación en la forma de la uva. El determinismo genético de la forma del fruto es desconocido en la vid aunque se trata de un carácter relevante en la mejora genética de la uva de mesa.

La forma de la baya se ha analizado en una progenie F_1 derivada de un cruzamiento entre las variedades de uva de mesa Red Globe y Crimson Seedless (RGxCS). Uno de los 'Quantitative trait loci' (QTLs) con mayor efecto para la forma de la baya, medida como la relación entre el diámetro polar y el ecuatorial, se localizó en el grupo de ligamiento 5 (GL5) y explicó hasta un 30% de la variación para este carácter (QTL *SHAPE*). Además, el análisis de las flores recién abiertas de individuos de la progenie indica la existencia de correlación entre la forma de la uva y la forma del ovario. Ello sugiere que la forma final de la uva en esta progenie se determina parcialmente durante el desarrollo del ovario. Esta correlación no se observó sobre una selección de variedades de vid con formas diversas, lo que sugiere que el control genético de la forma de la uva presenta componentes comunes y no comunes con el control genético de la forma del ovario.

Con el fin de identificar posibles genes candidatos responsables del QTL *SHAPE* se llevó a cabo un análisis global de la expresión génica. En este experimento se compararon flores pre-antesis de individuos en los dos extremos de la distribución de la F_1 RGxCS, con bayas esféricas o elipsoidales y seleccionados además para su genotipo en el QTL *SHAPE*. Se identificaron 55 genes expresados diferencialmente entre las flores de los dos grupos de plantas. Diez de estos genes se localizaron en el intervalo de confianza del QTL sugiriendo un efecto de la selección genotípica y/o fenotípica. La expresión relativa de varios genes seleccionados dentro del intervalo de confianza se analizó mediante PCR cuantitativa en flores pre-antesis y en frutos cuajados. La combinación de los resultados de expresión con los genéticos apunta al gen con mayores diferencias de expresión como candidato a ser responsable de este QTL.

Palabras clave: Uva de mesa, forma de uva, forma de ovario, control genético, expresión génica.

INTRODUCCIÓN

El fruto de las vides (genero *Vitis*) es una baya con el mesocarpo carnoso dirigido a la dispersion frugívora de las semillas.Escriba aquí la ecuación. En las especies de vid silvestre originales este fruto es de pequeño tamaño y forma esférica. En cambio, entre las vides cultivadas (principalmente la vid europea *Vitis vinifera* subsp. *vinifera*) se encuentra

una gran diversidad de tamaños y formas de fruto característicos de cada variedad (Boursiquot et al., 1995). La mayor variación se presenta entre las variedades de uva de mesa que son las que alcanzan mayores tamaños de fruto con formas que pueden ir desde esféricas a cilíndricas, pasando por tipos ovoides y elipsoidales o incluso formas exageradas tipo cuerno. Esta gran diversidad apareció posiblemente como consecuencia de variaciones somáticas que fueron seleccionadas por el ser humano durante el proceso de domesticación asociadas a la búsqueda de frutos con mayor tamaño (This et al., 2006; Houel et al., 2013). Actualmente, el mercado de uva de mesa reclama frutas de gran tamaño. Además en programas de mejora de uva de mesa se desean uvas con formas que den exclusividad al producto y lo hagan atractivo y reconocible para el consumidor, y así, fácilmente asociable a otros valores añadidos que pueda incorporar el genotipo mejorado.

En la vid, el gineceo u órgano reproductivo femenino de la flor es un pistilo con un ovario bicarpelar. A partir de los tejidos del ovario se desarrolla el fruto. Se ha descrito que la variación de la forma y el tamaño de la uva se puede determinar a través de los procesos de división que tienen lugar en el desarrollo pre-antesis del pistilo o en la fase inicial del desarrollo del fruto, al igual que mediante procesos de expansión celular, que suceden principalmente en dos fases del desarrollo del fruto (Coombe, 1973; Houel et al., 2013)

Las bases genéticas de la variación en la forma de baya de la vid se desconocen a pesar de su relevancia en la mejora de la uva de mesa. Con el objetivo de profundizar en la identificación de estos determinantes genéticos, en este estudio se realizó un análisis de QTLs sobre una progenie F_1 que segrega para el carácter. Se trató de identificar la fase de desarrollo y el mecanismo celular implicados en la variación asociada al QTL de efecto mayor identificado. Se diseñó una comparación transcriptómica para tratar de identificar genes candidatos a determinar las diferencias de fenotipo y a portar los polimorfismos responsables.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal: se utilizó una progenie F_1 de 292 individuos procedentes de un cruzamiento RGxCS. La progenie segrega, entre otros caracteres, para la forma de la baya (Figura 1A) y se analizó a nivel fenotípico, genético y molecular. Esta progenie se generó en 2003, está plantada sobre pie franco y se ubica en la parcela experimental de ITUM en la Estación de Blanca (Murcia). También se analizó el fenotipo en una selección de 17 accesiones, la mayoría de uva de mesa, que difieren en la forma de baya según datos que fueron registrados previamente. Las accesiones utilizadas fueron Chasselas Doré, Rey, Muscat Ottonel, Garnacha Blanca, Eva, Paraiso, Alfonso Lavallée, Planta Nova y Marisancha con baya esférica y Pizutello Blanco, Dattier Beyrouth, Dominga, Quiebratinajas Blanco, Naparo, Auxerrois, Italia y Ragol seleccionadas por su baya alargada. Estas accesiones se hallan en la colección del ICVV de la finca de La Grajera (Logroño).

Análisis fenotípico: se estimaron los índices de forma de ovario (OS) y forma de baya (BS) en flores en antesis y en bayas maduras respectivamente. Los índices se estimaron como el cociente entre los diámetros polares y ecuatoriales del ovario en el primer caso y de la baya en el segundo. Las medidas de ovario se realizaron usando la aplicación ImageJ sobre flores en antesis escaneadas (30 flores/genotipo procedentes de al menos dos inflorescencias) y las de baya con un calibre electrónico Mitutoyo®. Las

medidas de baya se realizaron sobre toda la progenie durante tres años (2007-2009) y se utilizaron para el análisis de QTLs. En cada año, los datos fueron obtenidos a partir de una muestra de 25 uvas tomadas al azar de una mezcla de tres racimos representativos de cada planta y promediados para cada individuo. Sobre la progenie se realizaron medidas de ovario en 2012 sobre una selección de 13 individuos, seis del extremo del índice BS correspondiente a bayas esféricas y siete del extremo correspondiente a elipsoidales, que además fueron seleccionados para el genotipo correspondiente a ese extremo en los marcadores del QTL *SHAPE* (Figura 1B). Las medidas sobre la selección de individuos fueron realizadas en 2013, en el ovario de igual modo al descrito para la progenie y en fruto a partir de 150 bayas procedentes de 5 racimos distintos (30 bayas/racimo). La significación estadística de las diferencias se analizó mediante tests ANOVA anidado y *t* de Student. Además se analizó la asociación entre las variables mediante matrices de correlación. Los análisis se realizaron usando las aplicaciones SPSS y Statistica y en todos los casos se aplicó un umbral $P < 0.05$.

Análisis genético: para toda la progenie RGxCS y los progenitores se analizaron 223 SSR seleccionados en base a su posición conocida en el genoma de la vid. Además se analizaron siete pools de 48 SNP en el Centro Nacional de Genotipado (CeGen). La construcción de los mapas de ligamiento de los marcadores SNP y SSR se realizó utilizando el programa informático JoinMap 3.0. Los análisis de QTL se realizaron de forma independiente para cada variable (longitud, diámetro y forma de baya) en los tres mapas, el de cada progenitor y el consenso, usando el programa MapQTL 4.0. Para la detección de QTLs se utilizó el umbral de LOD (logaritmo de la probabilidad de que exista un QTL en esa posición) correspondiente a un nivel de significación $\alpha = 0.05$ para cada GL. Se consideraron QTL significativos aquellos cuyos valores LOD superaron el umbral establecido a un nivel de significación del 99% ($\alpha = 0.01$) para cada GL y/o 95% ($\alpha = 0.05$) para el genoma completo.

Análisis global de expresión génica: se pulverizó material congelado de flores cerradas (~3 semanas pre-antesis). Se comparó la expresión entre nueve individuos de la progenie RGxCS con baya esférica y nueve con baya elipsoidal seleccinados siguiendo los mismos criterios descritos para el análsis de fenotipos (Figura 1). Se obtuvo ARN utilizando el kit Plant RNA Spektrum Kit de Sigma, el ARN se trató con DNase I (QIAGEN) y su calidad se testó mediante Bioanalyzer. Para los análisis de expresión se utilizó la micromatriz de Nimblegen *Vitus exp.* HX12 con sondas de ADN representativas de todos los genes anotados sobre la secuencia genómica de la vid, empleando el protocolo de hibridación recomendado por los fabricantes. Se realizó una normalización 'Robust Multi-array average' sobre las intensidades de hibridación y la identificación de genes diferenciales se realizó mediante análisis estadístico '*t* de Student' implementado en la aplicación TMeV.

Análisis de expresión mediante RT-qPCR: Se diseñaron cebadores específicos para la amplificación del gen seleccionado como candidato a portar la mutación responsable del QTL de efecto mayor en la forma de baya en la progenie RGxCS. Se analizó la expresión en muestras de flores cerradas (~3 semanas pre-antesis) como en el análisis de micromatrices. Adicionalmente, se analizaron muestras de frutos en cuajado para comprobar la evolución temporal de la expresión. Se analizó una selección de individuos de la progenie similar a la empleada para el análisis de micromatrices, además de los

progenitores. Se usó el protocolo y el método de análisis descrito anteriormente (Carbonell-Bejerano et al., 2013).

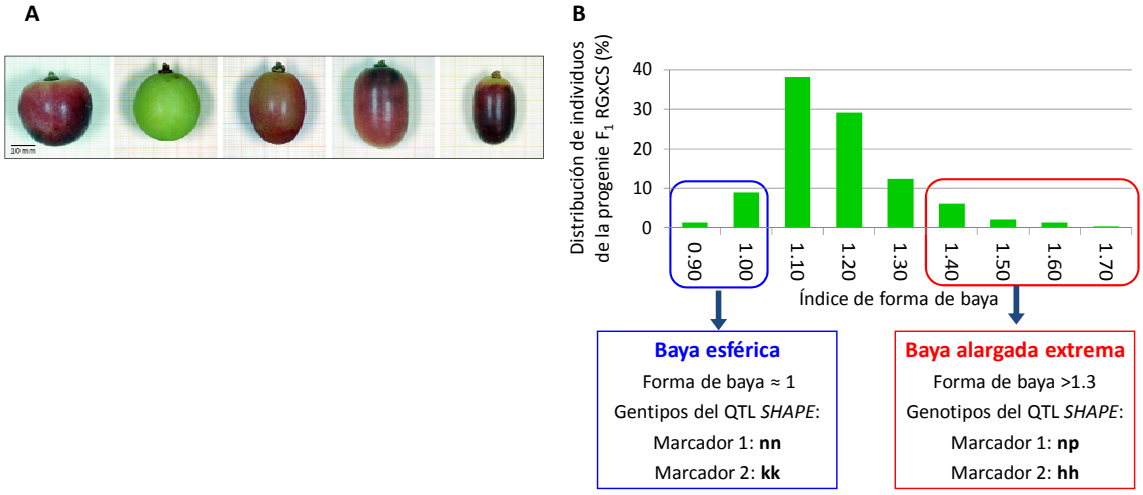


Figura 1. Distribución de la forma de baya en la progenie RGxCS y criterios de selección. **A**) Ejemplos de diversidad de forma de fruto en la progenie. **B**) Distribución del promedio de forma de baya de tres años y se indica el umbral del índice de forma y los genotipos seleccionados para cada extremo de la distribución.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis genético cuantitativo de la forma de baya

El análisis genético cuantitativo permitió identificar un control genético poligénico tanto para longitud (BL) como para diámetro de baya (BD) incluyendo un par de QTLs de efecto mayor en el GL5 (hasta 15% de la variación de BL) y en el GL18b (hasta el 50 y el 60% de la variación de BL y BD respectivamente). Además, se hallaron QTLs de efecto menor en los GL 6, 8, 12 y 14 para estos parámetros (Figura 2). Sin embargo, cuando se analizó el índice de forma de baya (BS), el QTL de efecto mayor en el GL5 (QTL *SHAPE*) llegó a explicar hasta el 30% de la variación) junto con otros QTLs de menor efecto en los grupos de ligamiento 1 (13%), 8 (10%), 10, 11, 18a y 19.

Análisis del fenotipo de ovario y correlación entre formas de ovario y fruto

El análisis de la forma de flores y frutos en individuos F_1 de los dos extremos de la distribución para forma de baya mostró una correlación positiva signicativa entre la forma del ovario y la del fruto (*P* de Pearson <0.01), lo que sugiere que el QTL *SHAPE* puede influir en la forma de la baya a partir de su efecto en el desarrollo pre-antesis del ovario. En la selección de accesiones también se encontraron diferencias significativas para las variables analizadas. Por el contrario, no se detectó correlación significativa entre las formas de ovario y fruto coincidiendo con estudios anteriores (Houel et al., 2013), lo que sugiere que en la vid existen otros determinantes genéticos que pueden controlar la forma de la baya en momentos de desarrollo distintos a los que actuaría el QTL *SHAPE*.

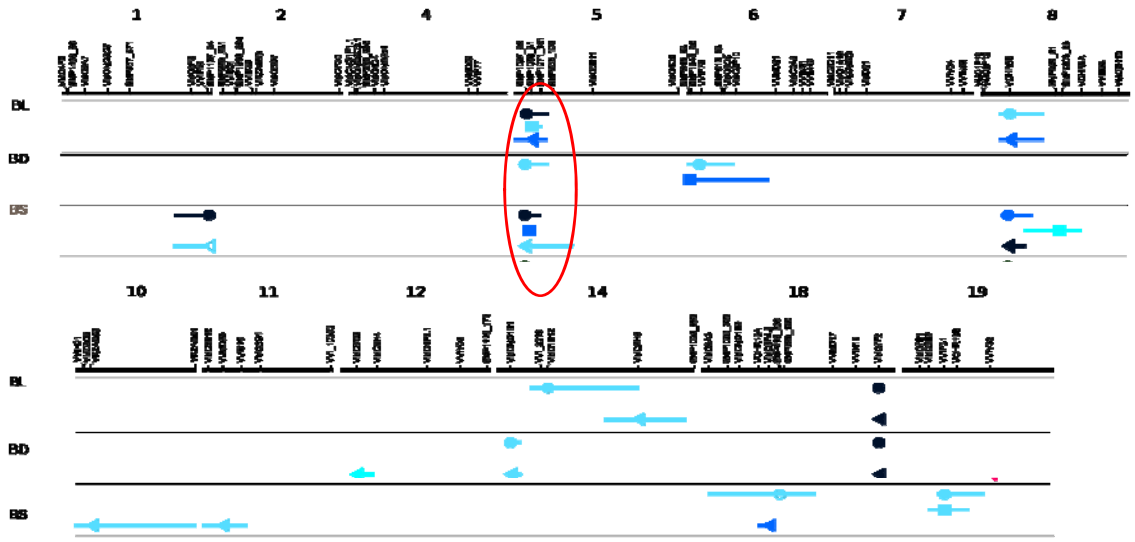


Figura 2. QTLs para longitud (BL), diámetro (BD) y forma de baya (BS) en la progenie RGxCS. Se muestra el efecto de los marcadores distribuidos en los 19 GLs. Se dintigue entre los resultados del mapa consenso (círculos), el de Red Globe (cuadrados) y el de Crimson (triángulos). Las líneas delimitan la extensión del intervalo de confianza y el color la variación explicada (azul claro <5%, azul oscuro 5-10%, negro >10%).

Análisis transcriptómico para la identificación de genes implicados en la determinación de la forma de baya por el QTL *SHAPE*

Con el fín de identificar posibles genes candidatos para el QTL *SHAPE* se realizó un análisis transcriptómico comparando el transcriptoma de flores en desarrollo de individuos de baya alargada con el equivalente de individuos de baya esférica seleccionados según los criterios descritos anteriormente (Figura 1B). Se analizaron flores en la fase de desarrollo en la que tiene lugar el crecimiento del pistilo teniendo en cuenta la relación observada entre las formas de ovario y fruto. Este análisis permitió la identificación de 55 genes expresados diferencialmente (P <0.05 y nivel de cambio >2-veces). Cabe destacar la localización de diez de estos genes dentro del intervalo de confianza del QTL *SHAPE* y entre ellos se encuentra el gen que mostró la mayor diferencia de expresión (Figura 3A).

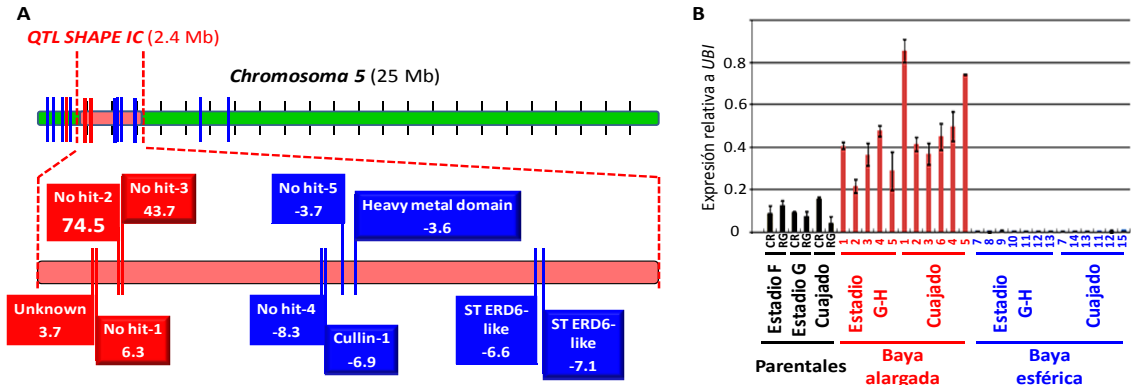


Figura 3. Efecto del locus *SHAPE* en la expresión génica. A, genes diferenciales en el GL5 resaltando los incluidos en el intervalo de confianza del QTL para los que se muestra su anotación y cambio de expresión. B, Análisis de expresión mediante RT-qPCR del gen con mayores diferencias de expresión en individuos de la progenie y en los progenitores.

Un análisis pormenorizado de la secuencia de la proteína codificada por este gen según la anotación del genoma (datos no mostrados) muestra similitud con proteínas pertenecientes a una familia conservada en eucariotas y que se ha implicado en complejos de remodelación de cromatina (Messina et al., 2014). Sin embargo, en plantas esta familia es prácticamente deconocida. Mediante PCR cuantitativa se comprobó que este gen muestra una sobreexpresión en individuos de baya alargada frente a individuos con baya esférica de 70 veces en flores y de 100 en frutos en cuajado (Figura 3B). En ambos progenitores del cruzamiento este gen presentó una expresión intermedia entre los dos grupos contemplados (Figura 3B).

CONCLUSIONES

El QTL *SHAPE*, situado en el GL5, explica gran parte de la variación de la longitud y la forma de baya en la progenie RGxCS.

El locus *SHAPE* puede determinar la forma de la baya durante el desarrollo pre-antesis del pistilo. En otras variedades la forma de la baya podría determinarse durante el desarrollo del fruto.

El gen más sobreexpresado en flores de individuos con baya alargada se encuentra en el intervalo de confianza del QTL *SHAPE*. Una mutación que cause la sobreexpresión en *cis* del alelo portador de este gen podría ser responsable del QTL, teniendo en cuenta su efecto dominante y que la expresión de este gen en los progenitores, heterocigóticos para el locus, es intermedia entre la de individuos homocigóticos para el alelo responsable e individuos no portadores de este alelo.

Agradecimientos

El trabajo ha sido financiado por los proyectos *BIO2008-03892* y *BIO2011-26229*.

Referencias

Boursiquot, J.M., Dessup, M., Rennes, C. (1995). Distribution des principaux caractères phénologiques, agronomiques et technologiques chez *Vitis vinifera* L. Vitis, 34, 31-35.

Carbonell-Bejerano, P., Santa María, E., Torres-Pérez, R., Royo, C., Lijavetzky, D., Bravo, G., Aguirreolea, J., Sánchez-Díaz, M., Antolín, M.C., Martínez-Zapater, J.M. (2013). Thermotolerance responses in ripening berries of Vitis vinifera L. cv Muscat Hamburg. Plant Cell Physiology, 54, 1200-1216.

Coombe, B.G. (1973). The regulation of set and development of the grape berry. Acta Horticulturae, 34, 261-271.

Messina, G., Damia, E., Fanti, L., Atterrato, M.T., Celauro, E., Mariotti, F.R., Accardo, M.C., Walther, M., Vernì, F., Picchioni, D., Moschetti, R., Caizzi, R., Piacentini, L., Cenci, G., Giordano, E., Dimitri, P. (2014). Yeti, an essential Drosophila melanogaster gene, encodes a protein required for chromatin organization. Journal of Cell Sciences, 127, 2577-2588.

This, P., Lacombe, T., Thomas, M.R. (2006). Historical origins and genetic diversity of wine grapes. Trends in Genetics, 22, 511-519.

La variación natural de la vid al nivel celular de la compacidad de los racimos

J. Grimplet*, J. Tello, N. Laguna y J. Ibáñez.

1 Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC, Universidad de La Rioja, Gobierno de La Rioja). Complejo Científico Tecnológico, C/Madre de Dios 51, 26006, Logroño, La Rioja (España). *E-mail: jerome.grimplet@icvv.es

Resumen

La secuenciación del genoma de la vid ha permitido el desarrollo de herramientas muy útiles para el estudio de la interacción planta-medio ambiente al nivel celular, lo que tiene implicaciones en las características de la planta y de la uva. Muchas de estas herramientas implican el estudio del comportamiento de miles de genes (o de sus productos) a la vez y requieren el uso de métodos de biología de sistemas que permitan el análisis y comprensió de los datos.

Así, después de determinar a nivel agro-morfológico los componentes principales de la compacidad del racimo (ver comunicación de Tello et al.), hemos identificado algunos de los mecanismos asociados con la variacíon en la compacidad del racimo mediante el análisis de la expresión de genes de clones compactos y sueltos en diferentes momentos del desarrollo del racimo. Los resultados demuestran que procesos como la división celular estan más activos en las flores de clones con racimos compactos, con bayas más grandes. También se observa mayor actividad de genes implicados en la asimilación de carbohidratos como el almidón o la fructosa en racimos compactos, que podría estar relacionados con mayores tasas de cuajado.

Por otra parte, los racimos sueltos muestran mayor expresión de genes relacionados con resistencia a enfermedades, lo que indicaría que la mayor tolerancia, no solo es debida a características estructurales del racimo (distancia intersticial entre bayas) sino que también tiene una componente de respuesta a estrés biótico a nivel celular. Estos comportamientos están controlados asociados con la expresión de genes que participan en la regulación y producción de hormonas vegetales como el ácido jasmónico o las giberelinas.

Palabras clave: Compacidad de racimo. Expression de genes en la vid.

Agradacimientos: Proyectos *AGL2010-15694*. Beca *BES-2011-047041*.

Evaluación preliminar del grado de adaptabilidad de Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) sobre diferentes portainjertos crecidos en suelos cálcicos de la Ribera Alta de Navarra

F. Yunta[1], L. Caminero[2], J.F. Cibriáin[2], L. Múgica[2] y A. Gárate[3].

1 Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de Ciencias. Dpto. de Geología y Geoquímica. Campus Cantoblanco. 28049 Madrid. E-mail: felipe.yunta@uam.es
2 Gobierno de Navarra. Dpto. de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local. Estación de Viticultura y Enología de Navarra - INTIA. Valle de Orba, 34, 31390, Olite. E-mail: evena@navarra.es
3 Univ. Autónoma de Madrid. Facultad de Ciencias. Dpto. de Química Agrícola y Bromatología. Campus Cantoblanco, 28049, Madrid. E-mail: a.garate@uam.es

Resumen

La elección del portainjerto viene determinada por el grado de resistencia a plagas o por las condiciones edáficas donde se plante el viñedo. El objetivo del presente trabajo se centra en la evaluación preliminar del grado de compatibilidad de Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) injertado sobre 16 portainjertos y crecidos en unos suelos marginales con alto contenido en caliza activa. El ensayo vegetal se llevó a cabo en Navarra, en la finca experimental Baretón de la Estación de Viticultura y Enología de Navarra (EVENA), situada en Olite y compuesta por 720 cepas de *Vitis vinifera* cv Tempranillo de 3 años de edad situadas en espaldera y con riego localizado. Se realizó una clasificación y caracterización físico-químicas. El suelo se clasificó como *Petrocalcic Palexeroll*, clase textural franco fina, supercarbonática, profunda, con un contenido en caliza activa de 6.51 % y 25.97 % en los horizontes 1 y 2, respectivamente. El diseño experimental consistió en 3 bloques con 16 hileras/bloque y 15 cepas/hilera. Los tratamientos consistieron en 16 portainjertos (1103-P, 110-R, 140-Ruggeri, 1613-C, 161-49C, 1616-C, 41B-MGt, 5-BB, 99-R, DogRidge, Fercal, Freedom, Gravesac, Rupestris, Salt Creek y SO4). El grado de adaptabilidad de los diferentes patrones se ha realizado mediante dos determinaciones foliares *in situ*; las medidas radiométricas, con un radiómetro de campo FieldSpect Hand Held (375-1025 nm), y la estimación de clorofilas usando el medido clorofílico SPAD 502 Minolta. Ambas determinaciones se realizaron sobre 3 hojas/portainjerto/bloque completamente desarrolladas y elegidas al azar, coincidiendo con las épocas de desarrollo foliar, baya tamaño garbanzo, inicio de envero y principio de maduración. A partir de las medidas radiométricas se obtuvieron 21 índices vegetales correspondientes con parámetros foliares tales como; vigor foliar (NDVI, NDVIre, MNDVIre, GNDVI, TCARI/OSAVI, PRI, SDVI), contenido en pigmentos (Chl, CI, Carotenoid, Anthocyanin) e intensidad de color de hoja (G, Vig, YI) para compararlos y relacionarlos con los datos del SPAD. Los resultados preliminares indican que índices vegetales tales como GNDVI, NDVIre, YI, SR, G, SDVI, Chl, MNDVIre y TCARI/OSAVI muestran una alta correlación con las medidas de SPAD a largo del ensayo y, por lo tanto, se pueden utilizar como valores de referencia aplicados al estado nutricional de Tempranillo crecido en suelos calizos. Los datos de SPAD muestran diferencias entre los portainjertos tanto interportainjerto como intraportainjerto. Estos datos preliminares junto con los datos de cosecha darán una información muy válida para conocer el comportamiento de cada portainjerto.

Palabras clave: vid,tolerancia a carbonatos, radiometría, SPAD, suelos calizos.

Sesión Técnica 2:

Nuevas tecnologías al servicio de la Viticultura. Viticultura de Precisión.

Moderador:

Javier Tardáguila Laso
(ICVV-Univ. La Rioja)

Comparación de procedimientos para la delimitación de unidades de manejo diferenciado en viñedos

I. Urretavizcaya*, L.G. Santesteban, C. Miranda y J.B. Royo.
Departamento de Producción Agraria, Universidad Pública de Navarra, Campus Arrosadia, 31006, Pamplona (Navarra). *E-mail: ines.urretavizcaya@unavarra.es

Resumen

La Viticultura de Precisión (VP) puede definirse como la subdisciplina de la Agricultura de Precisión que atiende las necesidades específicas de la Viticultura. Dentro de la VP suelen acometerse dos objetivos principales (i) la delimitación de unidades de manejo diferenciado (UMD) a nivel de parcela o de explotación, y (ii) la gestión sitio-específica de insumos. Para delinear unidades de manejo se busca definir, antes de la época de vendimia, zonas dentro de la parcela en las que las características de la uva sean relativamente homogéneas, y distintas de las de otras zonas de la parcela o de la explotación. Los procedimientos de delineación de zonas basados en una sola variable (p. ej. los índices vegetativos tipo NDVI) no han dado resultados suficientemente satisfactorios, puesto que no tienen en cuenta la complejidad de los factores que condicionan la maduración de la uva. El objetivo de esta comunicación es evaluar la coherencia agronómica de las clases definidas empleando una o múltiples variables, así como valorar el interés de convertir las clases en UMD o "zonas" mediante "algoritmos *de zonificación*". La definición de clases o zonas ha resultado satisfactoria ya que ha permitido diferenciar de manera precoz lotes de uva con diferente composición en vendimia, si bien ha sido necesario el uso de al menos dos variables combinadas. En lo que hace referencia a los algoritmos de zonificación, han permitido que la delineación de las zonas mejore respecto a la que se obtuvo en las clasificaciones, ya que las zonas fueron más compactas en cuanto a la composición de la uva sin pérdida de coherencia agronómica y una mayor facilidad de las zonas de trabajo.

Palabras clave: viticultura de precisión, viña, zonificación, calidad de uva.

INTRODUCCIÓN

La Viticultura de Precisión (VP) puede definirse como la subdisciplina de la Agricultura de Precisión que atiende las necesidades específicas de la Viticultura. Dentro de la VP suelen acometerse dos objetivos principales (i) la delimitación de unidades de manejo diferenciado (UMD) a nivel de parcela o de explotación, y (ii) la gestión sitio-específica de insumos. Este primer punto se centra principalmente en la búsqueda de zonas con elevada calidad de uva y a su vez lo más homogénea posible para la obtención de vinos de elevada calidad. Investigaciones recientes han basado su definición de UMD en índices de vegetación obtenidos a partir de imágenes (Santesteban et al., 2010; Hall et al., 2003), o combinado con otras variables como conductividad eléctrica aparente o elevación (Bramley y Lamb, 2003; Urretavizcaya et al., 2011; Santesteban et al., 2013) sin obtener resultados lo suficientemente satisfactorios.

El objetivo de esta comunicación es presentar distintos enfoques para la delineación de UMD a partir de múltiples variables. Como variables de delineación se

emplearon el Índice de vegetación normalizado (NDVI), el número de racimos (NRac) o la conductividad eléctrica aparente del suelo (ECa).

MATERIAL Y MÉTODOS

La toma de datos se llevó a cabo en dos años (2010 y 2011) sobre un viñedo de la variedad '*Tempranillo*', ubicado en Leza (Álava, 572 m s.n.m., clase II-III de la clasificación de Huglin) con formación en vaso y una superficie de 4,2 ha. Sobre esta se definió una malla de muestreo de 30x30m, de forma similar a Urretavizcaya et al. (2013) cuyos nudos se utilizaron como puntos de muestreo (PZ). En cada PZ se marcaron 15 cepas contiguas sobre las que se midieron el Índice de Vegetación Diferenciada Normalizada (NDVI), Conductividad Eléctrica aparente del suelo (ECa) y número de racimos por cepa (NR). La información de NDVI se obtuvo a partir de imágenes adquiridas por el satélite QuickBird en el entorno de envero mientras que la ECa fue medida en Enero de 2011 mediante un medidor portátil EM38 MK2 (GeonicsLtd, Ontario, Canada), ajustando la profundidad de estimación a 1.5 metros Además, en vendimia, se determinó el rendimiento por cepa (Rend) y la composición de la cosecha en muestras de 200 bayas por PZ de acuerdo a metodologías estándar de donde se obtuvieron distintas variables de calidad [Peso de Baya (PB), Total de Sólidos Solubles (TSS), pH, Nitrógeno Fácilmente Asimilable (FAN), Acidez Total (AT), Acido Málico (AMal), Ácido Tartárico (ATart), Antocianos Totales (AntT), Antocianos Extraíbles (AntE), y Polifenoles Totales (PT)].

El análisis de datos se realizó en dos pasos; (i) Clasificación de los PZ y validación de los mismos, y (ii) delineación de zonas en la parcela mediante la utilización de "*algoritmos de zonificación*" y validación de las mismas. Para la clasificación de los PZ se utilizó un análisis *fuzzyk_means* de manera similar a Urretavizcaya et al. (2013). Este proceso se repitió para la clasificación de las 3 variables individuales (NDVI, ECa y NR) y las 4 combinaciones de las mismas (NDVI+ECa, NDVI+NR, NR+ECa, NDVI +ECa+NR). La validación de la coherencia agronómica y enológica de las zonas establecidas se realizó mediante análisis de la varianza (ANOVA) utilizando como variables dependientes las clasificaciones obtenidas mediante el análisis *fuzzyk_means,* y como independientes, el rendimiento y las 10 variables de calidad de la uva obtenidas en vendimia. La homogeneidad de varianzas fue valorada mediante el test de Levene y para la separación *post hoc* de las medias se utilizó el test de Tukey-Kramer, adecuado para conjuntos de datos no equilibrados (Sahai et al., 2004). Para la delineación de las zonas, se partió de la clasificación que obtuvo mejores resultados empleando los dos *"algoritmos de zonificación"* estándar *(StdZ)* y Top *(TopZ)* descritos en Urretavizcaya et al. (2013). La validación de las zonas se realizó de manera similar a la validación de las clases.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Significación agronómica de la clasificación de los PZ

La combinación de variables como punto de partida para realizar la clasificación (NDVI+ECa, NDVI+NR, ECa+NR y NDVI+ECa+NR) resultó tener mayor coherencia agronómica que cuando se hizo partiendo de una sola variable (Tabla 1). De hecho, la clasificación en la cual se combinaron las tres variables (NDVI+ECa+NR) fue aquella que obtuvo mejores resultados (discriminando 5 y 6 variables de calidad de la uva para

los años 2010 y 2011). Estos resultados ponen en evidencia la importancia de realizar clasificaciones multicriterio que combinen varias variables que condicionan la composición de la uva (Acevedo-Opazo et al., 2008a; Acevedo-Opazo et al., 2008b; Hall et al., 2003; Santesteban et al., 2010) ya que la maduración de ésta es un proceso complejo, el cual se produce por la interacción de un amplio rango de factores que intervienen directa o indirectamente (Champagnol, 1984).Además se observa que los peores resultados fueron aquellos donde en la combinación no intervino la carga de uva (NDVI+ECa) obteniendo 1 y 3 variables discriminadas dependiendo del año.

Tabla 1. Evaluación de la significación enológica en las clases obtenidas a partir de las variables NDVI, conductividad eléctrica aparente del suelo (ECa) y número de racimos (NR), solas o en combinación.

	NDVI		ECa		NR		ECa+NR		NDVI+ECa		NDVI+NR		NDVI+ECa+NR	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
Rend (kg)	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*	*ns*	*	*	*	*	*	*	*	*
PB (g)	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*	*ns*	*	*	*	*ns*	*	*	*	*
TSS (ºBrix)	*ns*	*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*	*ns*	*ns*	*	*ns*	*	*	*
pH	*	*	*ns*	*ns*	*	*ns*	*	*ns*	*	*	*	*	*	*
AT ($g \cdot L^{-1}$)	*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*	*	*ns*	*	*	*ns*	*ns*	*
AMál ($g \cdot L^{-1}$)	*ns*	*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*
ATar ($g \cdot L^{-1}$)	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*	*ns*	*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*
FAN ($mg \cdot L^{-1}$)	*ns*	*	*ns*	*	*ns*	*	*ns*	*	*ns*	*ns*	*ns*	*	*ns*	*
AntT ($mg \cdot L^{-1}$)	*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*	*	*	*ns*	*ns*	*	*	*	*
AntE ($mg \cdot L^{-1}$)	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*	*	*
P T($mg \cdot L^{-1}$)	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*	*ns*	*ns*	*	*	*	*ns*
CAL	3	4	0	1	1	0	4	6	1	3	4	6	5	6
TOTAL	3	4	0	1	3	3	6	8	3	4	6	8	7	8

NDVI, Índice de Diferencia de vegetación normalizado;; ECa, Conductividad eléctrica aparente del suelo; NR, número de racimos Rend; Rendimiento por cepa; PB,Peso de Baya; TSS, Total Sólidos Solubles; AT, Acidez Total; AMal, Ácido Málico; ATar, Ácido Tartárico; FAN, Nitrógeno Fácilmente Asimilable; AntT, Antocianos Totales; AntE, Antocianos Extraíbles; PT, Polifenoles Totales; * Diferencias significativas entre clases ($P<0.05$); ns, no significativas ($P>0.05$); CAL, número de variables de calidad donde se han observado diferencias significativas entre clases; TOTAL, número de variables totales donde se han observado diferencias significativas entre clases.

Significación agronómica de las zonas delineadas mediante los algoritmos de zonificación

La contribución de los *"algoritmos de zonificación"* para la delineación de las zonas fue evaluada comparando la significación agronómica de las clases y las zonas definidas (Tabla 2). Las dos zonificaciones obtenidas (*StdZ* y *TopZ,* Figura 1) cambiaron la adscripción de algunos PZ con respecto a las clasificaciones anteriores. En el caso del *StdZ*, sólo uno de los puntos adscritos a la clase 1 pasó a integrarse en la clase 2, y 7 de la clase 2 pasaron a la clase 1 en 2010. En 2011, el número del conjunto de puntos reclasificados fue: 9 de la clase 1 pasaron a la clase 2, y sólo uno de la clase 2 pasó a la clase 1. Cuando se empleó el algoritmo de zonificación *TopZ*, el número de puntos reclasificado en 2010 fue uno para la clase 1 y no hubo ningún cambio en la clase 2.

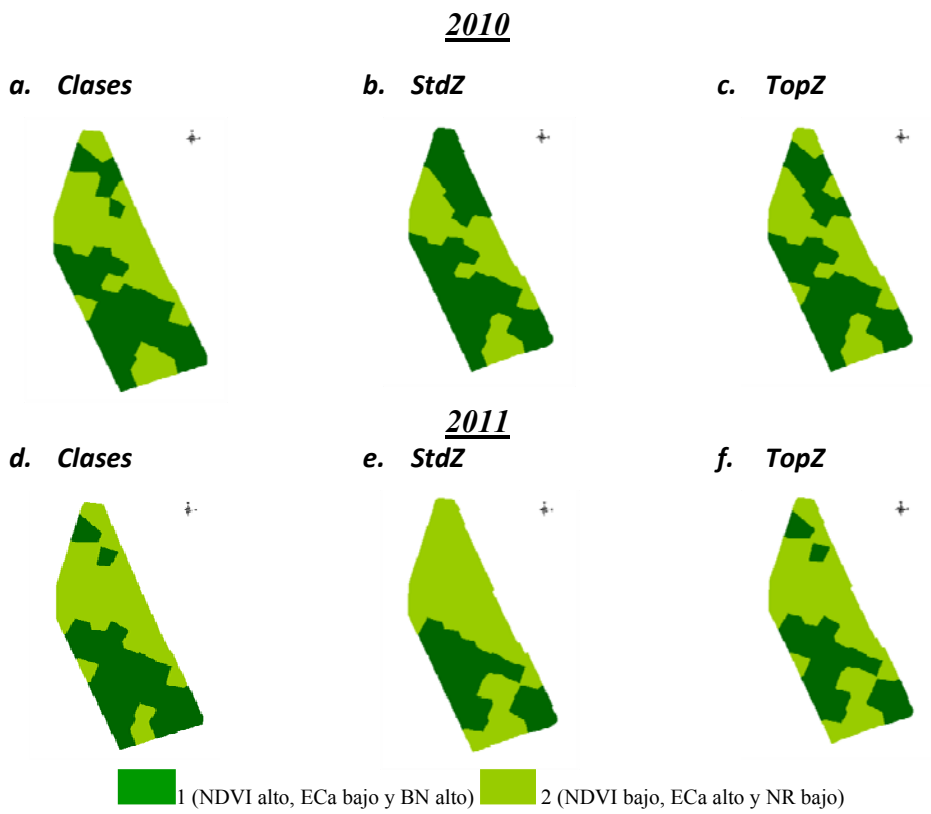


Figura 1. Mapas para la combinación de variables (NDVI+ ECa+ NR) en 2010 y 2011donde se muestra lasdelineaciones obtenidas mediante: clases a partir de análisis *fuzzy k-means* (a,d), zonas tras aplicar el *algoritmo de zonificación estándar* (*StdZ*) (b,e) y zonas tras aplicar el *algoritmo de zonificación Top* (*TopZ*) (c, f).

Sin embargo, en oposición a lo observado en Urretavizcaya et al. (2013), el uso de los algoritmos no mejoró los resultados obtenidos en las clasificaciones (Tabla 2) en cuanto a la diferenciación de la calidad de la uva. Las razones que podrían explicar este hecho es que los resultados obtenidos mediante la clasificación ya son de por sí bastante buenos, siendo 15 de las 22 variables analizadas las que mostraron diferencias entre las clasificaciones, lo cual es difícil de mejorar. Sin embargo, el uso de los algoritmos, en especial *StdZ*, ha resultado más adecuado para una mejora en la gestión práctica del viñedo, convirtiendo las clases en zonas continuas y más homogéneas (datos no presentados).

CONCLUSIONES

La definición de clases o zonas combinando valores de NDVI, ECa y NR ha resultado satisfactoria ya que ha permitido diferenciar de manera precoz lotes de uva con diferente composición en vendimia. Sin embargo, ha sido necesario el uso de al menos dos variables para obtener resultados satisfactorios. Además, hay que destacar que la inclusión de la carga de uva ha supuesto una mejora muy relevante, lo que subraya la importancia de incluirla en cualquier estudio de zonificación en el que se pretendan diferenciar zonas de diferente calidad potencial. En lo que hace referencia a los algoritmos de zonificación, han permitido que la delineación de las zonas mejore con respecto a la que se obtuvo en las clasificaciones, en dos aspectos importantes: se

obtuvieron zonas con calidad de uva más homogénea y una mayor practicidad de manejo de las zonas de trabajo. No obstante, la definición de zonas no mejoró la diferenciación de la calidad de la uva, obteniéndose lotes de calidad similar a los obtenidosen las clasificaciones.

Tabla 2. Evaluación de las clases y las zonas (*StdZ y TopZ*) obtenidas.

	Clases		***StdZ***		***TopZ***	
	2010	**2011**	**2010**	**2011**	**2010**	**2011**
Rend (kg)	*	*	*	*	*	*
PB (g)	*	*	*	*	*	*
TSS (ºBrix)	*	*	*	*ns*	*	*
pH	*	*	*	*	*	*
AT (g AT·L^{-1})	*ns*	*	*ns*	*ns*	*ns*	*
AMal (g·L^{-1})	*ns*	*ns*	*ns*	*	*ns*	*ns*
ATar (g·L^{-1})	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*
FAN (mg·L^{-1})	*ns*	*	*ns*	*	*ns*	*
AntT (mg·L^{-1})	*	*	*	*	*	*
AntE (mg·L^{-1})	*	*	*	*	*	*
PT (mg L^{-1})	*	*ns*	*	*ns*	*	*ns*
CAL	5	6	5	5	5	6
TOTAL	7	8	7	7	7	8

StdZ, Zonas delineadas tras la aplicación del algoritmo Standard; *TopZ*, Zonas delineadas tras la aplicación del algoritmo *Top*Rend; Rendimiento por cepa; NR, número de racimos; ECa, Conductividad eléctrica aparente del suelo; PB,Peso de Baya; TSS, Total Sólidos Solubles; AT, Acidez Total; AMal, Ácido Málico; ATar, Ácido Tartárico; FAN, Nitrógeno Fácilmente Asimilable; AntT, Antocianos Totales; AntE, Antocianos Extraíbles; PT, Polifenoles Totales; * Diferencias significativas entre clases (P<0.05); ns, no significativas (P>0.05); CAL, número de variables de calidad donde se han observado diferencias significativas entre clases; TOTAL, número de variables totales donde se han observado diferencias significativas entre clases.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a todo el personal Bodegas Luis Cañas y en particular a M. José Aparicio y Olaya Fernández su colaboración e interés en los trabajos realizados. Estos trabajos se han realizado en el marco del proyecto CDTI “Simulación del clima futuro a escala local para viticultura. Implicaciones prácticas en la gestión del viñedo” y ha sido realizado con la cooperación de Verdtech Nuevo Campo, Geosys y la Fundación Fuentes Dutor.

Referencias

Acevedo-Opazo, C., Tisseyre, B., Guillaume, S., Ojeda, H. (2008a). The potential of high spatial resolution information to define within-vineyard zones related to vine water status. Precision Agriculture, 9(5), 285-302.

Acevedo-Opazo, C., Tisseyre, B., Ojeda, H., Ortega-Farias, S., Guillaume, S. (2008b). Is it possible to assess the spatial variability of vine water status? Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, 42(4), 203-220.

Baluja, J., Tardaguila, J., Ayestaran, B., Diago, M.P. (2013). Spatial variability of grape composition in a Tempranillo (Vitis vinifera L.) vineyard over a 3-year survey. Precision Agriculture, 14, 40-58.

Bramley, R.G.V., Lamb, D. (2003). *Marking sense of variability in Australia* (Precision Viticulture. Proceedings of an international symposium held as part of the IX Congreso Latinoamericano de Viticultura y Enología). Chile.

Champagnol, F. (1984). Éléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale. F. Champagnol.

Hall, A., Louis, J., Lamb, D. (2003). Characterising and mapping vineyard canopy using high-spatial- resolution aerial multispectral images. Computers and Geosciences, 29(7), 813-822.

Diago, M.P., Vilanova, M., Blanco, J.A., Tardaguila, J. (2010). Effects of mechanical thinning on fruit and wine composition and sensory attributes of Grenache and Tempranillo varieties (Vitis vinifera L.). Australian Journal of Grape and Wine Research, 16(2), 314-326.

Gil-Muñoz, R.R., Vila-Lopez, J.I., Fernández, F., Martínez-Cutillas, A. (2009). Effects of cluster thinning on anthocyanin extractability and chromatic parameters of syrah and Tempranillo grapes and wine. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, 43(1), 45-53.

Sahai, H. Ojeda, M.M. (2004) Analysis of Variance for Random Models: Theory, Methods, Applications, and Data Analysis Boston, Birkhäuser.

Santesteban, L.G., Miranda, C., Jiménez, C., Fuentemilla, M., Urretavizcaya, I., Tisseyre, B. (2010). Evaluación del interés del índice NDVI para la delimitación de unidades de manejo diferenciado (UMD) en una explotación vitícola. Revista de Teledetección, 33, 11-16.

Santesteban, L.G., Miranda, C., Royo, J.B. (2011). Thinning intensity and water regime affect the impact cluster thinning has on grape quality. Vitis, 50(4), 159-165.

Santesteban, L.G., Guillaume, S., Royo, J.B., Tisseyre, B. (2013). Are precision agriculture tools and methods relevant at the whole-vineyard scale? Precision Agriculture, 14(1), 2-17.

Smart, R.E., Robinson, M. (1991). Sunlight into wine. A handbook for winegrape canopy management. Adelaide, Australia: Winetitles.

Tardaguila, J., Petrie, P.R., Poni, S., Diago, M.P., Martínez de Toda, F. (2008). Effects of Mechanical Thinning on Yield and Fruit Composition of Tempranillo and Grenache Grapes Trained to a Vertical Shoot-Positioned Canopy. American Journal of Enology and Viticulture, 59(4), 412-417.

Urretavizcaya, I., Santesteban, L.G., Echeverría, N., Miranda, C., Royo, J.B. (2011). Precision Viticulture tools to manage goblet-trained vineyards in 'Rioja Alavesa'. Paper presented at the 17th International Giesco Symposium, Asti-Alba (Italy).

Urretavizcaya, I., Santesteban, L.G., Tisseyre, B., Guillaume, S., Miranda, C., Royo, J.B. (2013). Oenological significance of vineyard management zones delineated using early grape sampling. Precision Agriculture, 15(1), 111-129.

Propuesta de aplicación SIG para la gestión de parcelas vitícolas con software libre (I). Posibilidades de utilización como usuario

D.B. López Lluch*[1] y D.A. Aguilar Morales.

1 Escuela Politécnica Superior de Orihuela (Universidad Miguel Hernández de Elche).
Carretera de Beniel SN, Km. 3,2, 03312, Orihuela, Alicante.
*E-mail: david.lopez@umh.es

Resumen

Este trabajo presenta el desarrollo de una aplicación web basada en SIG para la gestión, de la información procedente de parcelas vitícolas desde el punto de vista del viticultor, desarrollada a partir de Software Libre y/o gratuito. Se hace una descripción del funcionamiento y capacidades de la aplicación y se plantea el potencial de la tecnología desarrollada para viticultores individuales. Los ejemplos se concretan en parcelas de la provincia de Alicante. Se centra en aquellos aspectos y funcionalidades que realmente son necesarios y prescindiendo de todo aquello que sólo sirve para encarecer el software o complicar su manejo y aprendizaje. Incluye información específica y personalizada según las necesidades de las explotaciones (variedades, plagas, labores culturales, etc.). Permite la recopilación de información sobre las parcelas agrícolas de forma sencilla y rápida, pudiéndose introducir dicha información incluso *in situ* con la ayuda de un dispositivo móvil. El software utilizado para el desarrollo ha sido Software Libre (SL) salvo API (Application Programming Interface) de Google Maps, que no es SL pero permite su uso de forma gratuita conforme a su licencia. Los programas utilizados para el desarrollo han sido Netbeans IDE, Crunch y HeidiSQL: Para el testeo de la aplicación se ha creado un servidor local de forma que se pudiera ir probando el programa conforme se iba desarrollando; para ello se ha utilizado XAMP. El software de ejecución es el software instalado en el servidor HP DL320e pero trabajando sobre Linux. Como software complementario se ha utilizado el programa Filezilla. La aplicación ha sido desarrollada usando el sistema LAMP (Linux-Apache-MySql-PHP).

Palabras clave: SIG, Software Libre, gestión, viticultura, parcela.

INTRODUCCIÓN

Los viticultores deben gestionar sus parcelas. El requerimiento de información tanto por parte de ellos mismos (en tanto que gestores) como por parte de la Administración o por parte de los Consejos Reguladores es cada vez mayor. Para la gestión de su actividad y para la recopilación de la información, la ayuda de medios tecnológicos puede ser un factor a considerar. Es aquí, cuando surge la necesidad de este trabajo cuya finalidad no es otra, que la de proporcionar a los viticultores las herramientas necesarias para realizar la gestión y la optimización de las explotaciones vitícolas sujetas a su supervisión.

En la actualidad, existen diversos programas informáticos para realizar la gestión de explotaciones vitícolas, si bien la gran mayoría de ellos son demasiados genéricos, demasiado complejos de manejar o requieren de un desembolso económico elevado. En este punto, surge la necesidad de desarrollar una aplicación específica para la realidad del

sector que sea de fácil manejo y gestión (mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica) y basada en software libre, de manera que reduzca su coste de forma considerable, pero que, a la vez, proporcione una forma de optimizar recursos, gastos y producción, que esté al alcance de los destinatarios finales y que sea capaz de cubrir ampliamente las necesidades requeridas por los usuarios finales del software.

Los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.), se han convertido en una realidad tecnológica, casi imprescindible, a la que una herramienta en auge. Los S.I.G. son un sistema de información, basado en datos informáticos, que nos permite almacenar, procesar y manipular información geoespacial. Los principales componentes de un S.I.G. son:

- Interface de usuario.
- Procesado de bases de datos.
- Modificación de bases de datos.
- Análisis de datos.
- Interpretación de datos.

Es decir, un sistema S.I.G. nos permite desde una interface de usuario visualizar información geográfica, a la vez que podemos modificar, analizar e interpretar dicha información, según nuestras necesidades.

El presente trabajo describe el desarrollo de una aplicación diseñada para gestionar la información de las explotaciones, centrada en los aspectos y funcionalidades más necesarios, prescindiendo de todo aquello que contribuye a para encarecer el software o complicar su manejo y aprendizaje. A la vez, incluirá información específica y personalizada según las necesidades de las mismas, como pueden ser las variedades de uva, plagas y enfermedades más comunes, labores culturales, etc.

OBJETIVO

El objetivo general de esta comunicación es presentar el desarrollo un software capaz de proporcionar a los viticultores los recursos y herramientas necesarios para la gestión y manejo de sus explotaciones.

CARACTERÍSTICAS DEL DESARROLLO TECNÓLOGICO

Para la elaboración de la aplicación objeto de la presente comunicación se ha procurado utilizar recursos y herramientas gratuitas o al menos, de coste cero, de forma que se garantizara la viabilidad del desarrollo de la aplicación. El software utilizado para el desarrollo de la aplicación, ha sido software libre, salvo la API (Application Programming Interface) de Google Maps, la cual no es software libre pero permite su uso de forma gratuita, conforme a su licencia.

Los programas utilizados para el desarrollo han sido Netbeans IDE, Crunch y HeidiSQL: Para el testeo de la aplicación se ha creado un servidor local de forma que se pudiera ir probando el programa conforme se iba desarrollando; para ello se ha utilizado XAMP. El software de ejecución es el software instalado en el servidor HP DL320e pero trabajando sobre Linux. Como software complementario se ha utilizado el programa Filezilla. La aplicación ha sido desarrollada usando el sistema LAMP (Linux-Apache-MySql-PHP). Se han utilizado dos tipos de hardware para el desarrollo de este Trabajo. El primer tipo de hardware utilizado ha sido para el diseño de la aplicación y sus posteriores

pruebas. El segundo tipo de hardware se ha utilizado para la ejecución de la aplicación de forma que fuera accesible desde cualquier dispositivo. El hardware de desarrollo de la aplicación ha sido: Ordenador ASUS X53S, Apple Ipad 2, Apple Iphone 5 y un servidor HP DL320e.

El apartado de Gestión de Usuarios incluye dos acciones: registro e identificación y comprobación de credenciales de usuarios. El proceso de registro de usuarios, es sencillo y rápido, un requisito fundamental que se planteó al principio del diseño de la aplicación, ya que el objetivo era que de forma ágil, los usuarios pudieran registrarse. Por defecto, el sistema confiere a los nuevos usuarios el rol de usuario, y no el de administrador, ya que sólo existe una cuenta de administrador y fue creada por defecto durante el desarrollo de la programación del sistema. Para realizar el registro de usuario, sólo tendremos que ejecutar la aplicación y nos mostrará el formulario de *login*. Acto seguido, debemos hacer clic sobre *nuevo usuario*, tras lo cual se nos mostrará el formulario de registro de usuarios. Para el acceso de usuario, solo tenemos que introducir nuestro e-mail y nuestra contraseña y pulsar en comprobar datos. Una vez los datos de acceso son correctos, el sistema nos redirige hacia la aplicación en sí (Figura 1). El sistema también ofrece la opción de terminar la sesión de forma segura, como puede observarse en la Figura 1, en el detalle de la flecha roja, la cual resalta el botón de *terminar sesión*, el cual nos enviará fuera de la aplicación. Como usuarios del sistema, podemos modificar los datos que éste tiene sobre nosotros. Para ello, accedemos a la sección Mi perfil. La aplicación nos mostrará la información que tiene de nosotros y nos permitirá modificarla o incluso, añadir información adicional para complementar la información que el sistema tiene de nosotros. El formulario de modificación de datos, es similar al del formulario de registro.

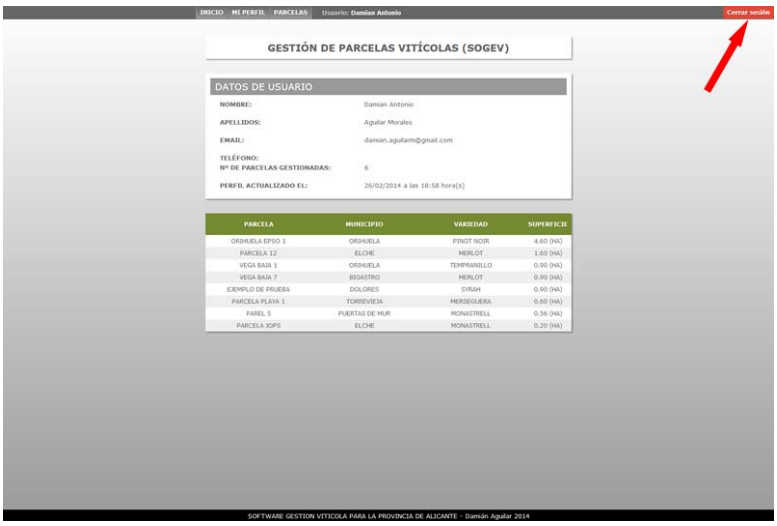


Figura 1. Página de inicio de la aplicación.

La aplicación está estructurada en forma de tres zonas diferenciadas:

1. La primera zona, muestra el menú de secciones, donde se encuentran todas las posibles secciones a las que se puede acceder.
2. La segunda zona, es la que define la aplicación en sí, mostrando la información y las diferentes operaciones que pueden realizarse.
3. Una tercera zona, donde se muestra información sobre la aplicación.

La página de inicio de la aplicación nos muestra, por un lado, un resumen de los datos del usuario. Por otro lado, nos muestra un resumen de las parcelas administradas por el usuario, mostrando información de: Nombre de la parcela; Municipio donde está ubicada (la provincia es Alicante, ya que la aplicación está presentada para esta provincia); Variedad de uva cultivada y superficie (en hectáreas) cultivadas.

Esta sección también nos permite acceder directamente a la información de las parcelas mostradas. Para ello, sólo tenemos que hacer clic sobre la parcela en cuestión, como se muestra en la Figura 2.

PARCELA	MUNICIPIO	VARIEDAD	SUPERFICIE
ORIHUELA EPSO 1	ORIHUELA	PINOT NOIR	4.60 (HA)
PARCELA 12	ELCHE	MERLOT	1.60 (HA)
VEGA BAJA 1	ORIHUELA	TEMPRANILLO	0.90 (HA)
VEGA BAJA 7	BIGASTRO	MERLOT	0.90 (HA)
EJEMPLO DE PRUEBA	DOLORES	SYRAH	0.90 (HA)
PARCELA PLAYA 1	TORREVIEJA	MERSEGUERA	0.60 (HA)
PAREL 5	PUERTAS DE MUR	MONASTRELL	0.56 (HA)
PARCELA JOPS	ELCHE	MONASTRELL	0.20 (HA)

Figura 2. Acceso a información de parcela.

Podemos listar todas las parcelas que administramos, accediendo al Menú de Parcelas. Al hacerlo, se despliegan las opciones de Listar o de Nueva Parcela. Éste es quizás uno de los puntos más complejos e importantes de la aplicación, ya que su función es la de geolocalizar la parcela para posteriormente poder administrarla. Al hacer clic en la opción Nueva Parcela, accedemos a la sección como se muestra en la Figura 3. Al entrar en la sección, automáticamente se nos muestra un mapa (generado por Google Maps), y centrado en la provincia de Alicante. La aplicación, dispone de unas pequeñas instrucciones de cómo proceder, en el que se explica el funcionamiento de los controles de Google Maps. A partir de ahí, hay que ir navegando por los controles del mapa, hasta llegar a la parcela que queremos añadir al sistema. Una vez hemos localizado la parcela, el siguiente paso es hacer un simple clic sobre ella, y se nos mostrara un marcador sobre la parcela. Observamos como se muestra un marcador sobre la parcela, y se nos despliega una ventana con dos opciones:

- Añadir parcela: al hacer clic sobre ella, iniciaremos el proceso de geo-referenciación.
- Cerrar ventana: en el caso de habernos equivocado, nos da la opción de eliminar el marcador y la ventana, para poder seleccionar otra parcela.

Pulsamos en *Añadir parcela*, y llegamos a la siguiente pantalla. Vemos como automáticamente, el sistema ha obtenido los datos mostrados en gris (y que no pueden ser modificados por el usuario), y deja otros datos para rellenar por parte del usuario (Nombre de la parcela, para poder identificarla; Superficie en hectáreas y Variedad de uva cultivada). Una vez introducidos los datos, se pulsa sobre el botón *añadir parcela*, y automáticamente se guarda la información en la base de datos, pasando a estar accesible por parte del usuario.

Figura 3. Añadir Parcela por Geolocalización.

Otra utilidad de la aplicación es la de GESTIONAR PARCELAS. Es otro de los pilares de la aplicación. En él, el usuario añade todos los datos sobre la gestión de sus parcelas. Tenemos señaladas siete zonas (Figura 4). Cada una de ellas proporciona una funcionalidad diferente:

a. Zona 1: posibilidad de eliminar la finca de la aplicación.
b. Zona 2: opciones para gestionar la información de la parcela (El nombre de la parcela, La superficie en hectáreas y la variedad de uva cultivada).
c. Zona 3: permite añadir información sobre aplicaciones fitosanitarias; labores culturales realizadas en la parcela e información sobre la vendimia.
d. Zona 4: selección entre las diferentes opciones, para mostrar el histórico.
e. Zona 5: buscador que nos permite mostrar solo resultados entre las fechas que le indiquemos. Por defecto, muestra los resultados del mes actual.
f. Zona 6: información que dispone el sistema. En función de la pestaña en que nos encontremos (fitosanitarios, labores, vendimia o plagas), nos mostrará una información u otra.
g. Zona 7: permite imprimir la información que hay en pantalla.

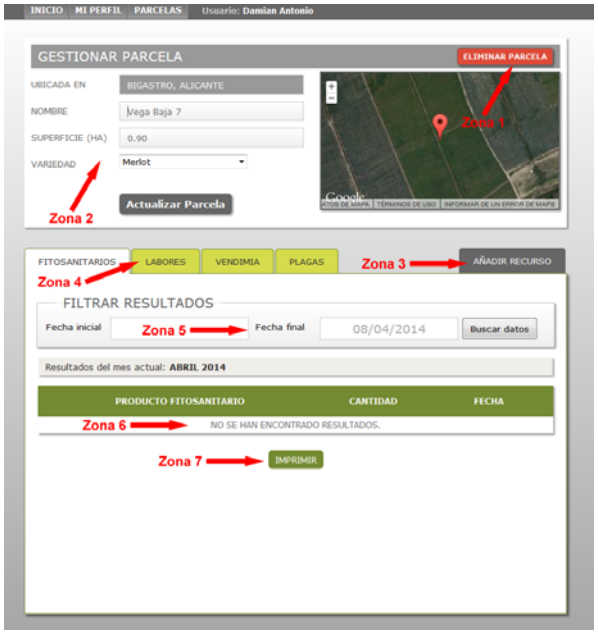


Figura 4. Gestión de parcelas.

CONSIDERACIONES FINALES

La utilización de las nuevas tecnologías en el sector vitícola ofrece unas posibilidades enormes para la gestión y optimización de los recursos y procesos. La aplicación web desarrollada en el presente Trabajo permite la recopilación de información sobre las parcelas agrícolas de forma sencilla y rápida así como su gestión a nivel individual. Estas ventajas tecnológicas pueden llegar a suponer un considerable ahorro económico y material.

Referencias

Camps Paré, R. (2002). Bases de datos. Editorial UOC, pp 40.

Davis, B.E. (2001). GIS: A Visual approach. Onword Press, 439 pp.

Eslava Muñoz, V.J. (2013). El nuevo PHP paso a paso. http://www.bubok.es, pp 187.

Fernández Montoro, A. (2011). Cambiate a Linux. RC Libros, 188 pp.

Gibson, R., Erle, S. (2006). Google Maps Hacks. O'Reilly Media, pp 370.

Laurie, B., Laurie, P. (2009). Apache: The Definitive Guide, 3rd Edition. O'Reilly Media, pp 590.

Llobet Azpitarte, R., Alonso Jordá, P., Devesa Llinares, J., Miedes De Elías, E., Ruiz Fuertes, M. I., Torres Goterris, F. (2009). Introducción a la Programación Orientada a Objetos con Java. Departamento de Sistemas Informáticos y Computación. Universidad Politécnica de Valencia, pp 204.

Peña Llopis, J. (2006). Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio (3a edición). Editorial Club Universitario, 310 pp.

Aplicación de tecnologías no invasivas en viticultura de precisión

M.P. Diago* y J. Tardáguila.

Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (Univ. de La Rioja, CSIC, Gobierno de La Rioja). C/Madre de Dios, 51. 26006, Logroño *E-mail: mpaz.diago.santamaria@gmail.com

Resumen

Una viticultura moderna y sostenible requiere una monitorización objetiva y continua del viñedo para una toma racional de decisiones, y eso sólo es posible aplicando nuevas tecnologías en el viñedo. En este trabajo se presenta una revisión de los últimos avances en la monitorización próxima del viñedo mediante diferentes tecnologías no invasivas como el análisis de imagen RGB e hiperespectral, termografía, sensores basados en la fluorescencia y la espectroscopía NIR (infrarrojo cercano). En el ámbito del análisis de imagen se han desarrollado aplicaciones basadas en diversos algoritmos de clasificación de imágenes para la detección y cuantificación de diferentes parámetros de interés tanto a nivel de cepa, como a nivel de racimo. La visión hiperespectral es una potente técnica espectroscópica capaz de caracterizar el estado fisiológico y/o metabólico de las plantas. Así, se ha conseguido discriminar e identificar variedades y clones de vid a partir de imágenes hiperespectrales de hojas. La termografía infrarroja ha sido propuesta en numerosos estudios como una metodología capaz de caracterizar el estado hídrico del viñedo así como de ayudar a la planificación del riego. Los últimos trabajos han clarificado aspectos metodológicos, sugiriendo las horas centrales del día y el lado menos expuesto de la pared vegetativa de la cepa como las condiciones más adecuadas para la adquisición de imágenes térmicas en viñedo. En los últimos años se han desarrollado tecnologías no invasivas como la fluorescencia de la clorofila y el infrarrojo cercano (NIR) para determinar la composición de la uva directamente en el viñedo. Sensores portátiles de fluorescencia de clorofila han permitido determinar el contenido en antocianos de la uva e inferir el color del vino final. Asimismo, el uso de sensores NIR portátiles, no destructivos, ha permitido determinar la concentración de azúcares en condiciones de pleno campo. En conclusión, existe un amplio abanico de nuevas tecnologías no invasivas, cuya aplicación para monitorizar el viñedo ha arrojado resultados objetivos, robustos y fiables, facilitando la toma de decisiones en viticultura.

Palabras clave: sensores próximos, análisis de imagen, termografía, fluorescencia de clorofila, NIR.

INTRODUCCIÓN

En una situación globalizada y extremadamente competitiva como en la que se encuentra la vitivinicultura actual, es necesario desarrollar conceptos y estrategias que conduzcan a una gestión más eficiente de los recursos, bajo un amplio abanico de condiciones de cultivo y producción, en aras de mantener la sostenibilidad. Los recientes avances en las tecnologías de la información y las comunicaciones (TICs) y la electrónica han permitido el desarrollo de nuevos sensores para monitorizar el ambiente, el suelo y los cultivos agrícolas como ha sido explicado por Lee et al. (2010) en un trabajo de revisión, donde se describen las enormes posibilidades de estas nuevas tecnologías para

monitorizar los cultivos y para cuantificar parámetros tan importantes en agricultura como el rendimiento productivo, el desarrollo foliar, la incidencia de enfermedades y/o la detección de diferentes factores de estrés (hídrico, nutricional, etc.).

El concepto de sensores próximos engloba toda tecnología que implique la obtención de información de un objeto cuando la distancia entre el sensor y el objeto es comparable o inferior a alguna de las dimensiones del sensor. El carácter no invasivo implica la ausencia de daño o modificación del material vegetal analizado. Entre los principales sensores terrestres no invasivos de detección avanzada utilizados para la monitorización del cultivo y/o de la composición de los frutos se encuentran los siguientes: cámaras RGB, cámaras termográficas, cámaras multi e hiperespectrales, sensores basados en la fluorescencia y espectroscopía NIR (infrarrojo cercano). Toda esta información puede obtenerse de forma georreferenciada, con lo que podría utilizarse para determinar la variabilidad espacial del viñedo, en el marco de la viticultura de precisión. En este trabajo se presenta una revisión de los últimos avances en la monitorización próxima del viñedo mediante diferentes tecnologías no invasivas.

ANÁLISIS DE IMAGEN: RGB E HIPERESPECTRAL

Imágenes RGB

La mayoría de las aplicaciones de la visión artificial o el análisis de imagen tiene lugar en interiores, debido a la importancia de la estandarización de la iluminación y a las dificultades que entraña la utilización de estos equipos en pleno campo. En los últimos años algunos autores han comenzado a utilizar metodologías basadas en el análisis de imágenes RGB, con diversos algoritmos de clasificación de imágenes, para la detección y cuantificación de diferentes parámetros de interés a nivel de planta, tales como la superficie foliar expuesta, la porosidad del *canopy*, el número de racimos expuestos y la proporción de hojas dañadas o senescentes (Diago et al., 2012). La estimación del rendimiento es un aspecto crucial en viticultura, que ha sido abordado mediante análisis de imágenes RGB tomadas en campo de inflorescencias (Diago et al. 2014a) y de la zona productiva (Dunn y Martin, 2004; Nuske et al., 2011; Grossetête et al., 2012). Por otro lado, Diago et al. (2014b) han desarrollado una metodología automática a partir de imágenes capturadas en laboratorio de racimos de 7 variedades distintas, capaz de estimar el peso del racimo con un R^2 de 65-97%, el número de bayas por racimo y el peso de baya con un R^2 = 84% (Figura 1).

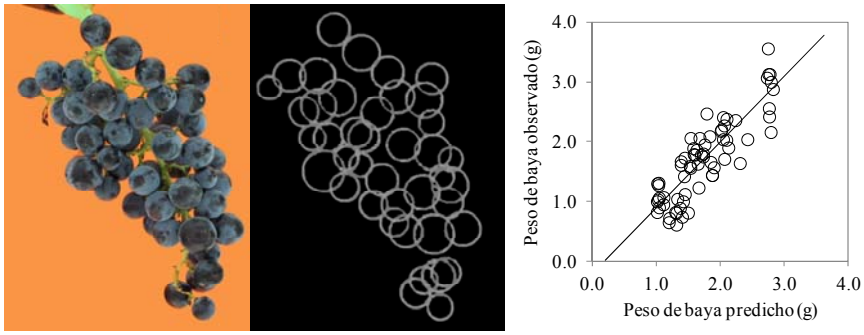


Figura 1. Identificación de las bayas del racimo mediante análisis de imagen RGB y correlación entre peso de baya observado y predicho a partir de análisis de imagen, utilizando un conjunto de imágenes de 7 variedades (n=70), (R^2=0,84; p<0,05).

Asimismo, otros autores han empleado el análisis de imagen en la detección del pedúnculo del racimo (Cubero et al. 2014) y en la estimación de la compacidad del racimo y los principales parámetros estructurales que la configuran (Cubero et al., en prensa).

Imágenes hiperespectrales

La visión hiperespectral es una potente técnica espectroscópica que mide cientos de estrechas longitudes de onda en posiciones espaciales, generando datacubos o hipercubos, que contienen las dos dimensiones espaciales y la dimensión espectral, esto es, un espectro para cada píxel. En el caso de la vegetación, su espectro presenta diferentes regiones de longitud de onda, relacionadas con su contenido hídrico (1300-2500 nm), estructura celular (700-1300 nm) o contenido en pigmentos (350-700 nm). De forma análoga al RGB, el uso de la visión hiperespectral se ha centrado mayoritariamente en aplicaciones interiores, debido principalmente a la importancia de la estandarización de la iluminación. A nivel terrestre, el uso de la visión hiperespectral en viticultura no ha sido prácticamente explorado y con excepción de las aplicaciones de teledetección, los trabajos realizados han capturado las imágenes hiperespectrales en laboratorio. Así, Fernandes et al. (2011) fueron capaces de estimar el contenido en antocianos en hollejos de bayas de Cabernet Sauvignon con un R^2 de 0,65 utilizando redes neuronales. Por otro lado Diago et al. (2013a) desarrollaron una metodología para discriminar variedades de vid con una fiabilidad superior al 92% a partir de imágenes hiperespectrales de hoja tomadas en laboratorio y la técnica de mínimos cuadrados parciales. Siguiendo una metodología similar, Fernandes et al. (2014) han conseguido clasificar hojas de 4 clones de Cabernet Sauvignon diferentes a partir de imágenes hiperespectrales de hojas, con un porcentaje correcto de clasificación entre el 97,8 y el 100%.

TERMOGRAFÍA

El conocimiento del estado hídrico del viñedo de cara a establecer estrategias de riego para hacer frente a la demanda evapotranspirativa de la vid es un aspecto de vital importancia, ya que la disponibilidad hídrica es un factor determinante de la producción y la calidad de la uva (Chaves et al., 2007). La termografía es una técnica de visión, rápida y no invasiva, que permite la visualización de diferencias en la temperatura de la superficie de las hojas, a partir de la radiación infrarroja emitida. Cuando los estomas están abiertos, la planta transpira y la temperatura de la hoja desciende, mientras que tras el cierre estomático la temperatura foliar aumenta (Costa et al., 2010). De este modo, la temperatura de la hoja puede considerarse un indicador de la conductancia estomática y por ende, del estrés hídrico de la planta (Jones et al., 2002). Son numerosos los trabajos llevados a cabo en los últimos años para caracterizar el estado hídrico de la vid y ayudar a establecer estrategias de riego en el viñedo (Jones y Leinonen, 2003; Grant et al., 2007). Sin embargo, importantes aspectos metodológicos referentes tanto a la captura de imágenes como al tratamiento de las mismas han sido más recientemente desentrañados. Así, Pou et al. (2014) concluyeron que las zonas centrales del día y el lado menos expuesto de la espaldera constituían las condiciones idóneas para la adquisición de imágenes térmicas. Asimismo, estimaron la emisividad de la baya, que resultó ser 0,96. Respecto al análisis de las imágenes térmicas, tradicionalmente se han determinado los valores de temperatura de hojas o puntos de vegetación determinados de forma supervisada. Sin embargo Ochagavía et al. (2011) compararon la fiabilidad de las correlaciones entre la conductancia estomática y el potencial hídrico con la temperatura y

los índices térmicos CWSI e I_g, obtenidos de imágenes térmicas, que fueron analizadas señalando varios puntos u hojas de la imagen y estableciendo una región de interés (ROI) de una superficie fija e igual para todas las imágenes (Figura 2).

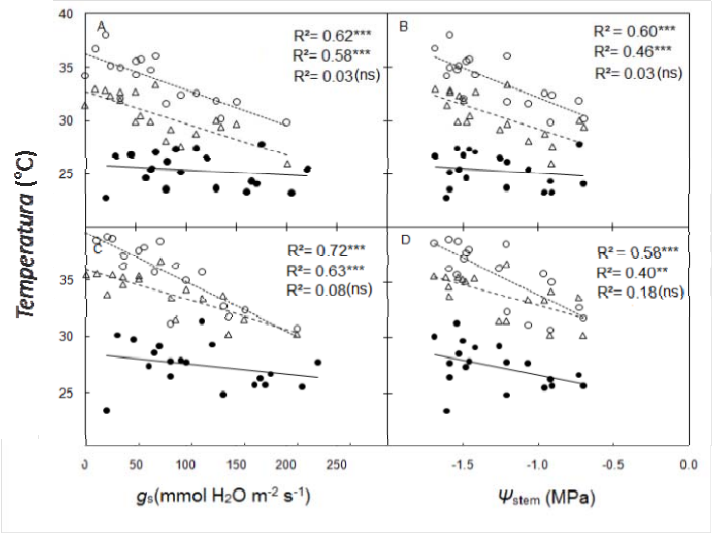


Figura 2. Correlaciones entre la temperatura de la pared vegetativa calculada a partir de hojas seleccionadas en la imagen (C y D) o mediante la definición de una ROI (A y B), con la conductancia estomática (g_s) y el potencial hídrico (Ψ_{stem}). Imágenes térmicas de la parte lateral de la cepa tomadas por la tarde (PM) (○), por la mañana (AM) (●), y de la parte superior o cenital de la cepa tomadas por la tarde (PM) (△).

Las correlaciones fueron comparables siguiendo ambos métodos de tratamiento de imágenes. En el mismo estudio, se compararon también las correlaciones obtenidas a partir de imágenes térmicas tomadas lateralmente de la pared vegetal frente a imágenes térmicas cenitales, capturadas desde la parte superior de la vegetación. Se observó que ambas opciones eran válidas, confirmando la viabilidad de la termografía aérea del viñedo (Baluja et al., 2012a) aunque las temperaturas obtenidas de termogramas cenitales eran consistentemente inferiores a las de termogramas laterales (Figura 2).

Por otro lado, Fuentes et al. (2012) desarrollaron un procedimiento automatizado para el análisis de imágenes térmicas definiendo una ROI, lo que incrementa notablemente la rapidez en la obtención de resultados.

SENSORES BASADOS EN LA FLUORESCENCIA DE LA CLOROFILA

La fluorescencia emitida por varios compuestos presentes en las hojas y los frutos (principalmente clorofila) ha sido utilizada en la última década para monitorizar y estimar la composición fenólica de forma no invasiva (Agati et al., 2007). En este sentido, el Multiplex™ es un sensor comercial portátil multiparamétrico basado en la fluorescencia de la clorofila que se ha utilizado para determinar de forma rápida y no destructiva el contenido en antocianos y otros compuestos fenólicos en bayas de uva (Cerovic et al., 2008; Ben Ghozlen et al., 2010). En el ámbito de la viticultura de precisión, el Multiplex™ ha permitido el estudio de la variabilidad espacio temporal del contenido en antocianos en baya (Figura 3) a lo largo del proceso de maduración (entre envero y vendimia) y entre tres años consecutivos en un viñedo de *Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo (Baluja et al., 2012b; 2012c; 2013).

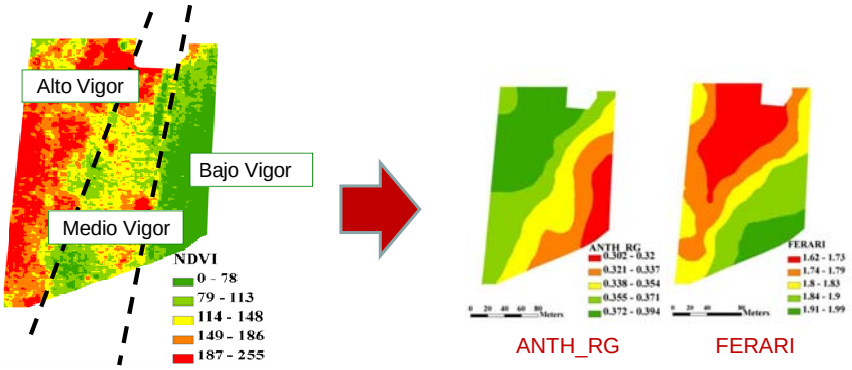


Figura 3. Segmentación de un viñedo en distintas zonas de vigor y su relación con la distribución espacial del contenido en antocianos, estimada mediante los índices ANTH_RG y FERARI, medidos con el sensor Multiplex™.

Asimismo, acoplado a un GPS diferencial, este sensor permite obtener mapas en continuo de información relevante de la cepa, tales como la porosidad de la pared vegetal, el contenido en nitrógeno y clorofila en las hojas, así como los antocianos en uva (datos no publicados). Otro estudio reciente (Diago et al. 2013b) ha demostrado la capacidad del Multiplex™ para caracterizar el contenido en antocianos en uva en el viñedo y predecir el color final del vino elaborado con valores de R^2 entre 0,51 y 0,82, así como el contenido total en polifenoles con R^2 entre 0,44 y 0,87, en las variedades Graciano y Tempranillo.

ESPECTROSCOPÍA DE INFRARROJO CERCANO (NIR)

La espectroscopía de infrarrojo cercano (NIR) es un método no destructivo que ha sido ampliamente utilizado para caracterizar la composición de numerosos productos agrícolas. En los últimos años se han desarrollado sensores NIR portátiles que han posibilitado la medición en pleno campo. Así, diversos autores han caracterizado el grado de madurez de la uva, principalmente azúcares y sólidos solubles utilizando sensores portátiles NIR (Barnaba et al., 2014) y técnicas quimiométricas sobre los espectros medidos. Otros aspectos metodológicos, como el tamaño de la población a muestrear, la influencia de la pruina en la medida, o los diferentes pre-tratamientos a las señales obtenidas antes de utilizar los espectros, han sido también recientemente abordados (Urraca et al., sin publicar). La región NIR del espectro electromagnético (730-2300 nm) contiene algunas longitudes de onda que responden a la presencia de agua y al estado hídrico de las muestras. Siguiendo esta premisa, De Bei et al. (2011) desarrollaron un método no destructivo para estimar el potencial hídrico en cepas de Shiraz a partir de medidas NIR con un valor de r=0,92. Recientemente Cozzolino (2014) ha publicado una extensa revisión sobre el uso de la espectroscopía NIR en condiciones de campo para el fenotipado de diferentes propiedades de plantas.

CONCLUSIONES

El notable avance de tecnologías de la información y las comunicaciones (TICs) y la electrónica ha permitido el desarrollo de nuevos sensores no destructivos capaces de evaluar el estado fisiológico, agronómico y cualitativo del viñedo de forma precisa, rápida y fiable. Toda esta información es susceptible de ser georreferenciada, y poder así generar

una valiosa caracterización de la variabilidad del viñedo, en el ámbito de la viticultura de precisión, para establecer estrategias de optimización del manejo del mismo.

Agradecimientos

Los trabajos de investigación reseñados han contado con la financiación del proyecto nacional AGL 2011-23673, del Ministerio de Economía y Competitividad, así como del proyecto europeo KBBE-Innovine y de la empresa Force-A (Orsay, Francia).

Referencias

Agati, G., Meyer, S., Matteini, P., Cerovic, Z.G. (2007). Assessment of anthocyanins in grape (*Vitis vinifera* L.) berries using a non-invasive chlorophyll fluorescence method. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55, 1053-1061.

Baluja, J., Diago, M.P., Balda, P., Zorer, R., Meggio, F., Morales, F., Tardáguila, J. (2012a) Assessment of vineyard water status variability by thermal and multispectral imagery using and unmanned aerial vehicle (UAV). Irrigation Science, 30, 511-522.

Baluja, J., Diago, M.P., Goovaerts, P., Tardáguila, J. (2012b) Assessment of the spatial variability of the content of anthocyanins in grapes using a fluorescence sensor: Relationships with vine vigour and yield. Precision Agriculture, 13, 457-472.

Baluja, J., Diago, M.P., Goovaerts, P., Tardáguila, J. (2012c) Spatio-temporal dynamics of grape anthocyanin accumulation in a Tempranillo vineyard monitored by proximal sensing. Australian Journal of Grape and Wine Research, 18, 173-182.

Baluja, J., Tardaguila, J., Ayestarán, B., Diago, M.P. (2013) Spatial variability of grape composition in a Tempranillo (*Vitis vinífera* L.) vineyard over a 3-year survey. Precision Agriculture, 40, 40-58.

Barnaba, F. E., Bellincontro, A., Mencarelli, F. (2014) Portable NIR-AOTF spectroscopy combined with winery FTIR spectroscopy for an easy, rapid, in-field monitoring of Sangiovese grape quality. Journal of the Science of Food and Agriculture, 94, 1071-1077.

Ben Ghozlen, N., Cerovic, Z.G., Germain, C., Toutain, S., Latouche, G. (2010) .Non-invasive optical monitoring of grape maturation by proximal sensing. Sensors 10 (11), 10040-10068.

Cerovic, Z.G., Moise, N., Agati, G., Latouche, G., Ben Ghozlen, N., Meyer, S. (2008). New portable optical sensors for the assessment of winegrape phenolic maturity based on berry fluorescence. Journal of Food Composition and Analysis, 21, 650-654.

Chaves, M.M., Santos, T.P., Souza, C.R., Ortuño, M.F., Rodrigues, M.L., Lopes, C.M., Maroco, J.P., Pereira, J.S., (2007). Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality. Annals of Applied Biology, 150, 237-252.

Costa, J.M., Grant, O.M., Chaves, M.M., (2010). Use of thermal imaging in viticulture: current application and future prospects. In 'Methodologies and results in grapevine research'. (Eds S Delrot, H Medrano, E Or, L Bavaresco, S Grando) pp. 135-50. (Springer: Dordrecht, The Netherlands).

Cozzolino, D. (2014) Use of infrared spectroscopy for in-field measurement and phenotyping of plant properties: Instrumentation, data analysis, and examples. Applied Spectroscopy Reviews, 49, 564-584.

Cubero, S., Diago, M.P., Blasco, J., Tardáguila, J., Millán, B., Aleixos, N. (2014) A new method for pedicel/peduncle detection and size assessment of grapevine berries and other fruits by image analysis. Biosystems Engineering, 117, 62-72.

Cubero, S., Diago, M.P., Blasco, J., Tardáguila, J., Prats-Montalbán, J. M., Ibáñez, J., Tello, J., Aleixos, N. (2014) A new method for bunch compactness assessment using automated image analysis. Australian Journal of Grape and Wine Research (en prensa).

De Bei, R., Cozzolino, D., Sullivan, W., Cynkar, W., Fuentes, S., Dambergs, R., Pech, J., Tyerman, S. (2011). Non-destructive measurement of grapevine water potential using near infrared spectroscopy. Australian Journal of Grape and Wine Research, 17, 62-71.

Diago, M.P., Correa, C., Millán, B., Barreiro, P., Valero, C., Tardáguila, J. (2012). Grapevine's yield and leaf area estimation using supervised classification methodology on RGB images taken under field conditions. Sensors, 12, 16988-17006.

Diago, M.P., Fernandes, A.M., Millan, B., Tardaguila, J., Melo-Pinto, P. (2013a) Identification of grapevine varieties using leaf spectroscopy and partial least squares. Computers and Electronics in Agriculture, 99, 7-13.

Diago, M.P., Guadalupe, Z., Baluja, J., Millán, B., Tardáguila, J., (2013b) Appraisal of wine color and phenols from a non-invasive grape berry fluorescence method. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, 47, 55-64.

Diago, M.P., Sanz-Garcia, A., Millan, B., Blasco, J., Tardaguila, J. (2014a) Assessment of flower number per inflorescence in grapevine by image analysis under field conditions. Journal of the Science of Food and Agriculture, 94, 1981-1987.

Diago, M.P., Tardaguila, J., Aleixos, N., Millan, B., Prats-Montalban, J.M., Cubero, S., Blasco, J. (2014b) Assessment of cluster yield components by image analysis. Journal of the Science of Food and Agriculture, doi: 10.1002/jsfa.6819.

Dunn, G. M., Martin, S. R. (2004) Yield prediction from digital image analysis: A technique with potential for vineyard assessments prior to harvest. Aust ralian Journal of Grape and Wine Research, 10, 196-198.

Fernandes, A.M., Melo-Pinto, P., Millan, B., Tardaguila, J., Diago, M.P. (2014) Automatic discrimination of grapevine (*Vitis vinifera* L.) clones using leaves hyperspectral imaging and partial least squares. The Journal of Agricultural Science DOI: http://dx.doi.org/10.1017/S0021859614000252.

Fernandes, A.M., Oliveira, P., Moura, J.P., Oliveira, A.A., Falco, V., Correia, M.J., Melo-Pinto, P. (2011) Determination of anthocyanin concentration in whole grape skins using hyperspectral imaging and adaptive boosting neural networks. Journal of Food Engineering, 105, 206-216.

Fuentes, S., De Bei., R., Pech, J., Tyerman, S., (2012). Computational water stress indices obtained from thermal image analysis of grapevine canopies. Irrigation Science, 30, 523-536.

Grant, O.M., Tronina, L., Jones, H.G., Chaves, M.M. (2007). Exploring thermal imaging variables for the detection of stress responses in grapevine under different irrigation regimes. Journal of Experimental Botany, 58, 815-825.

Grossetête, M., Berthoumieu, Y., Da-Costa, J. P., Germain, C. (2012) Early estimation of vineyard yield: site specific counting of berries by using a smartphone, in International Conference of Agricultural Enginweering (CIGR-AgEng2012), Ed, Valencia, Spain.

Jones, H.G., Leinonen, I., (2003). Thermal imaging for the study of plant water relations. Journal of Agricultural Meteorology 59, 205-217.

Jones, H.G., Stoll, M., Santos, T., de Sousa, C., Chaves, M.M., Grant, O.M., (2002). Use of infra-red thermography for monitoring stomatal closure in the field: application to the grapevine. Journal of Experimental Botany, 53, 2249-2260.

Lee, W.S., Alchanatis, V., Yang, C., Hirafuji, M., Moshou, D., Li, C. (2010).Sensing technologies for precision specialty crop production. Computers and Electronics in Agriculture, 74, 2-33.

Nuske, S., Achar, S., Bates, T., Narasimhan, S., Singh, S. (2011). Nuske S, Achar S, Bates T, Narasimhan S and Singh S, Yield estimation in vineyards by visual grape detection, in 2011 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). IEEE, New York, pp. 2352–2358.

Ochagavía, H., Grant, O.M., Baluja, J., Diago, M.P., Tardáguila, J. (2011) Exploring zenithal and lateral thermography for the assessment of vineyard water status. Proceedings of 17th International Symposium of GiESCO. Alba-Asti, Italy.

Pou, A., Diago, M.P., Medrano, H., Baluja, J., Tardaguila, J. (2014) Validation of thermal indices for water status identification in grapevine. Agricultural Water Management, 134, 60-72.

Up-scaling levels for drought assessment in agriculture: from leaf to the whole-vineyard

J. Gago[1], S. Martorell[2], C. Douthe[2], S. Fuentes[3], M. Tomás[2], E. Hernández[2], Ll. Mir[2], M. Carriquí[2], J.M. Escalona[2], P.P. Gallego[1] e H. Medrano*[2].

1 Applied Plant & Soil Biology, Dpt. of Plant Biology and Soil Science, University of Vigo, Campus Universitario das Lagoas-Marcosende, 36310, Vigo, Pontevedra, Spain.
2 Grup de Recerca en Biologia de les Plantes en Condicions Mediterrànies, University of Balearic Islands, ctra. Valldemossa, km 7.5, 07122, Palma de Mallorca, Spain. *E-mail: hipolito.medrano@gmail.com
3 Department of Agriculture and Food Systems, Faculty of Veterinary and Agricultural Sciences, University of Melbourne, Australia.

Abstract

Drought importantly affects plant growth, productivity and berry quality, thus, is one of the main concerns for the agriculture and food industry worldwide. Most of the measurements used to characterize plant status are developed at the leaf level, while the improvement of agricultural management requires an up-scaling of this information to the canopy/field level. Unfortunately, the characterization of one single plant is a time consuming, costly process; so, considering a whole agricultural field could be unaffordable. In this sense, is highly desirable for field water assessment and also phenotyping purposes, multidisciplinary and integrative tools to obtain high spatial and temporal resolution data about plant status. In this work, we show remote sensing data using a thermal camera placed in a multi-copter UAV (Unmanned Aerial Vehicle) to determine plant growth and water stress from our experimental vineyard. These data are correlated with ground-truth data obtained at leaf and stem level, gas-exchange measurements (stomatal conductance), leaf water potential and stem sap fluxes. The use of these technologies for scaling-up levels in vineyards, assessment and irrigation scheduling is discussed.

Keywords: UAVs, remote sensing, thermography, vegetation indices, water stress.

INTRODUCTION

Currently, the climatic change predictions estimate that drought periods will enhance in frequency and intensity for Mediterranean and semi-arid areas (IPCC, 2013). Moreover, agriculture industry is the first fresh water consumer worldwide (70%), being the water highly required to maintain the food production; it is known that just the 18% of cultivated lands are irrigated, however they produce the 45% of world food supplies (Doll and Siebert, 2002).

Up-scaling levels in agriculture become more and more essential to study plant response to the environment under the agriculture system (Gago et al., 2014). Commonly, most of the measurements to determine plant status are realized at leaf level, and several measurements will be required to sample a whole-canopy being time consuming and costly; thus, a complete characterization of a whole agricultural field with these techniques will probably be unaffordable. However, agriculture assessment and water

management are highly required for up-scaling to canopy/field level. Thus, remote sensing technologies could fulfill this important gap.

Previously, remote sensing equipment placed into satellites or manned aircrafts were employed to retrieve information about crop status from agricultural fields; however these platforms have reduced spatial and temporal resolution for monitoring the highly dynamic responses of the crops with the environment (Berni et al., 2009). Recently, thanks to several technological advances reducing the cost and the miniaturization of the sensors the UAVs (Unmanned Aerial Vehicles) appeared as useful platforms for civilian purposes (Gago et al., 2014). Concretely, several works related remote sensing data obtained from wing-span UAVs with ground-truth data at leaf level to determine plant water status (water potential and stomatal conductance) in several crop woody species as olive, grapevine, almond, peach, orange, apricot and lemon (Berni et al., 2009; Baluja et al., 2012; González-Dugo et al., 2012, 2013).

Here, in this work we present high-resolution thermal and reflectance aerial data obtained with a multi-copter over an experimental vineyard with two different grapevine cultivars, 'Tempranillo' and 'Grenache' that were imposed to three different water treatments. Remote sensing indices were related to typical leaf measurements as water potential and stomatal conductance and to stem measurement using the sap flow technique to test the usefulness of these technologies for vineyards water assessment and phenotyping.

MATERIAL AND METHODS

Experimental site, plant material and experimental conditions

The study was carried out in an experimental vineyard located in the University of Balearic Islands (Mallorca, Spain. Environmental conditions are typical from a Mediterranean summer with elevated temperatures (mean 25.5ºC, and maximum temperatures of 35.5ºC), high irradiances ranging from 250-350 sunshine hours per month with considerable peaks of Photosynthetically Active Radiation (PAR) 1750 µmol m^{-2} s^{-1}, almost no precipitation and mean values relative humidity (%) of 68.8.

6 years old grapevine cv. 'Grenache' and 'Tempranillo' plants grafted on Ritcher-110 and conducted in a bilateral cordon system were employed for this study. Vines are planted in rows (2.5 m between rows) and spaced 1 m between each plant. Three irrigation treatments were applied: well watered (WW), water was supplied to replenish average daily water loss, moderate water stress (MWS), irrigation was withheld for the entire summer, and severe water stress treatment (SWS) using natural vegetation cover that promotes an increase in the severity of the drought.

Physiological measurements

Stomatal conductance (g_s) was measured at mid-morning in fully-expanded leaves of 6 plants per treatment - using a Li-Cor 6400 infrared gas analyzer open system (IRGA; Li-6400, Li-Cor, Inc., Lincoln, NE, USA) coordinated at the same time with the UAV flights. CO_2 concentration was set at 400 µmol CO_2 mol^{-1} air, temperature from the incoming air ranged from 31.7 to 38.4ºC, relative humidity (%) from 34.8 to 41.7 with a vapour pressure deficit (VPD) ranging from 2-4. A 2 x 3 cm standard chamber was employed with transparent plastic for natural sun radiation (PAR mean 1045.1 ± 192.6 µmol m^{-2} s^{-1}).

Plant water status was also estimated by midday stem water potential (Ψstem) measurements, using a Scholander pressure chamber (Soil moisture Equipment Corp. Santa Barbara, California USA). Leaves were sealed in a plastic bag, covered with aluminum foil. After 1 hour, Ψ stem was measured on one leaf per plant in four plants per treatment.

Sap flow was measured by the stem heat balance method using the standard Sap Flow meter P 4.1 from Environmental Measuring Systems (EMS, Brno, Czech Republic), with the same protocol as described in Escalona et al. (2002). The mass flow of sap was estimated from the balance of heat fluxes into and out of the heated section of the stem. Sensors were insulated with 2 cm thick open-porous polyurethane foam and protected from radiation with aluminum foil (Figure 1a). Four stem gauges were installed in four plants in all the treatments in both cultivars.

Figure 1. **A**) Sap flow installation in a stem protected for insulation with aluminum foil. **B**) UAV multi-copter flying over the vineyard.

Aerial campaign and remote sensing data

The UAV platform used in this study was a six-engine multi-copter (Mikrokopter®) with a portable carbon frame Sci-Fi developed by UAVEurope (Mallorca, Spain) (Figure 1b). Autonomous flight through a pre-defined set of way-points was set using the onboard navigation system based on a GPS receiver (U-blox LEA6S) connected to a navigation board (Navy-Ctrl 2.0) and a small Microelectromechanical System (MEMS)-based IMU (Inertial Measurement Unit) (Mikrokopter Flight Controller ME V2.1). The multi-copter have a stabilized camera mount where was fitted the thermal radiometrically calibrated camera Gobi384 (Xenics) equipped with an 18 mm f/1 lens. The image sensor is an uncooled microbolometer (a-Si) with a resolution of 384 x 288 pixels and 25x25 µm pixel size. The camera also implemented a non-uniformity correction (NUC) as internal calibration. The range of spectral response is 8-14 µm with a sensitivity of 0.05 K at 30ºC with this lens. The field of view (FOV) is 25.5º which delivered high-thermal image resolution (ground pixel size) of 1.5 cm/pixel at typical established flight altitude of 25 m above the terrain. Emissivity (set to 0.96; Jones, 2004) and altitudinal corrections were performed by each pixel, due to the low flight altitude radiometric distortions due to the atmospheric influence can be considered negligible and no corrections were applied (Albertz, 2001). Multi-spectral imagery was collected using a Canon PowerShot ELPH 110 16.1 modified by MaxMax© (USA, model

XNiteCanonELPH110NDVI) further information can be seen in here (www.maxmax.com).

Mosaicking, warping and geometrical correction of thermal images were realized using Agisoft Photoscan® (Russia) software based into Computer Vision algorithms using Ground Control Points (GCP´s) for georeferencing of the images. GCP`s were build covering a 20 x 10 cm steel plate with aluminum foil to ease its visualization in thermal images (Figure 2c). Error was assessed using the root-mean-square error (RMSE) of GCP's (Ground Control Points) with values <0.05. Aluminum foil was also used to define the different plants for each treatment (Figure 2b).

Statistics and pure crown canopy temperature and multi-spectral data for vegetation indices were analyzed using R® and Matlab ® software analysis. Leaf energy balance modeling was developed following Monteith and Unsworth (1990) and Jones (1992) to estimates canopy conductance (g_c).

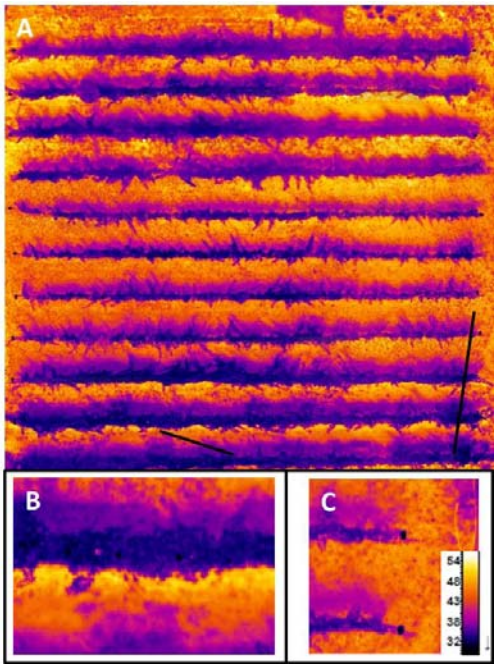


Figure 2. **A**) Aerial mosaicked high-resolution thermal imagery (1.4 cm/px) from the experimental vineyard, **B**) detailed view of aluminum sheet marks defining the different plants, **C**) detailed view of aluminum sheet boxes employed as GCPs for georeferencing purposes.

RESULTS AND DISCUSSION

High-resolution thermal mosaicked aerial images were obtained (1.4 cm/px) with RMSE of 1.1 cm (Figure 2a). Differences in the plants can be observed clearly in terms of length and color, it is appreciated that watered plants showed higher leaf area than the other treatments for both images; these treatments also showed under the thermal view dark blue colors indicating cooler plants and bright blue the warmer ones (see scale). These remote sensing aerial resolutions showed here improved considerably previous ones published with UAVs, type wing-span. Also, multi-copters are able to fly stable and holding at low altitudes compared with other types of UAVs increasing final image

resolution (Berni et al., 2009; Baluja et al., 2012; Zarco-Tejada et al., 2012; González-Dugo et al., 2013).

WW treatments showed values of g_s of 186±0.03 and 218±0.03 mmol H_2O m^{-2} s^{-1} for Tempranillo and Garnacha, respectively, meanwhile drought treatments imposed a reduction of g_s about 50-75%. Ψ_{md} and sap flow also were affected by the water treatments imposed, with a range of -0.5 to -0.7 and -1.1 to -1.3 MPa for Ψ_{md}, and 0.06 l/h and 0.03 l/h for sap flow, WW and drought treatments, respectively. Thermal derived data as canopy temperature minus air temperature (T_c-T_a) and canopy conductances (g_c) per each treatment and cv. mostly showed significant correlations with leaf level parameters as g_s and Ψ_{md} and sap flow stem fluxes (Table 1, $p<0.05$).

Table 1. Correlation coefficients (R2, $p<0.05$) for the aerial indices obtained from the UAV with ground-truth data parameters as g_s, Ψ_{md} and sap flow fluxes.

	Aerial data	**Ground truth-data**		
Cultivar	**Remote indices**	g_s	Ψ_{md}	**Sap flow**
'Tempranillo'	T_c-T_a	0.90	0.60	0.51
	g_c	0.90	0.91	0.50
'Grenache'	T_c-T_a	0.56	0.64	0.83
	g_c	0.47	0.83	0.81

Previous results, in grapevine and other woody crops showed the usefulness of this technology for the development of crop water status maps to assess the water management and irrigation scheduling; correlations from remote indices with leaf parameters as g_s and Ψ_{md} were significant correlated (Berni et al., 2009; Baluja et al., 2012; Zarco-Tejada et al., 2012; González-Dugo et al., 2013; Gago et al., 2013) as it is shown here in this work.

CONCLUSIONS

Remote sensing using UAVs type multi-copter can be a useful tool to obtain spatial and temporal high-resolution information from vineyards that could improve water assessment and irrigation scheduling for the industry. This technology also could be really helpful for vines field trials, as cultivar phenotyping under different environments, relations between scion and rootstocks and other studies that required information at plant and field scale.

Acknowledgements

Authors thanks for support the project AGL2011-30408-C04-01 funded by the National Plan I+D, UIB fellowship for invited professors short-stay awarded to Dr. S. Fuentes and Post-doctoral fellowship from Xunta de Galicia awarded to Dr. J. Gago.

References

Baluja, J., Diago, M.P., Balda, P., Zorer, R., Meggio, F., Morales, F., Tardáguila, J. (2012). Assessment of vineyard water status variability by thermal and multispectral imagery using an unmanned aerial vehicle (UAV). Irrigation Science, 30(6), 511-522.

Berni, J., Zarco-Tejada, P., Sepulcre-Cantó, G., Fereres, E., Villalobos, F. (2009). Mapping canopy conductance and CWSI in olive orchards using high resolution thermal remote sensing imagery. Remote Sensing of Environment, 113(11), 2380-2388.

Döll, P., Siebert, S., (2002). Global modeling of irrigation water requirements. Water Resour. Res. 38(4), 1037, doi:10.1029/2001WR000355.

Escalona, J., Flexas, J., Medrano, H. (2002) Drought effects on water flow, photosynthesis and growth of potted grapevines, Vitis, 41, 57-62.

Gago, J., Martorell, S., Tomás, M., Millán, B., Ramón, J., Ruiz, M., Sánchez, R., Tardáguila, J., Galmés, J., Conesa, M., Escalona, P., Cuxart, J., Ribas-Carbo, M., Flexas, J., Medrano, H. (2013). High-resolution aerial thermal imagery for plant water status assessment in vineyards using a multicopter-RPAS. 1st Conference of the International Society for Atmospheric Research using Remotely-piloted Aircraft, (ISARRA), Palma de Mallorca (Spain).

Gago, J., Douthe, C., Florez-Sarasa, I., Escalona, J.M., Galmes, J., Fernie, A.R., Flexas, J., Medrano, H. (2014). Opportunities for improving leaf water use efficiency under climate change conditions. Plant Science, 226, 108–119.

Gonzalez-Dugo, V., Zarco-Tejada, P., Nicolás, E.P., Nortes, P.A., Alarcón, J.J., Intrigliolo, D.S., Fereres, E. (2013). Using high resolution UAV thermal imagery to assess the variability in the water status of five fruit tree species within a commercial orchard. Precision Agriculture, 14(6), 660-678.

IPCC, (2013). Climate Change. In: T.F. Stocker, D. Qin, G. Plattner, M.M.B. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P.M. Midgley (Eds.). The PhysicalScience Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Reportof the Intergovernamental Panel on Climate Change, Cambridge UniversityPress, Cambridge, UK/New York.

Jones, H.G. (1992). Plants and microclimate: A quantitative approach to environmental plant physiology. Cambridge University Press, p 456.

Monteith, J.L., Unsworth, M.H. (1990). Principles of Environmental Physics. 2nd edn., Edward Arnold, London, p 291.

Zarco-Tejada, P., González-Dugo, V., Berni, J.A.J. (2012). Fluorescence, temperature and narrow-band indices acquired from a UAV platform for water stress detection using a micro-hyperspectral imager and a thermal camera. Remote Sensing of Environment, 117, 322-337.

Un nuevo método para la evaluación de la compacidad del racimo mediante análisis de imagen

S. Cubero[1,2], M.P. Diago[2], N. Aleixos[3], J.M. Prats-Montalbán[4], J. Ibáñez[2], J. Tello[2], J. Tardáguila[2] y J. Blasco*[1].

1 Centro de Agroingeniería. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Ctra. Moncada-Náquera km 5, 46113 Moncada (Valencia).*Email: blasco_josiva@gva.es
2 Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (Universidad de La Rioja, CSIC, Gobierno de La Rioja). C/ Madre de Dios, 51. 26006, Logroño (La Rioja).
3 Instituto Interuniversitario de Investigación en Bioingeniería y Tecnología Orientada al Ser Humano. Universitat Politècnica de València. Camino de Vera s/n, 46022, Valencia.
4 Grupo de Ingeniería Estadística Multivariante. Departamento de Estadística e IO Aplicadas y Calidad. Universitat Politècnica de València. Camino de Vera s/n, 46022, Valencia.

Resumen

La compacidad del racimo es una característica clave que puede influir de manera importante en la calidad de la uva y del vino. El descriptor OIV, método más utilizado para la evaluación de la compacidad del racimo, requiere una inspección visual por evaluadores entrenados y proporciona valores subjetivos y cualitativos. Este trabajo presenta una nueva metodología basada en análisis de imagen para determinar la compacidad del racimo de manera no invasiva, objetiva y cuantitativa. El modelo PLS construido a partir de algunas características morfológicas extraídas de forma automática mediante técnicas de análisis de imagen mostró una capacidad de predicción del 85,3% en la evaluación de la compacidad respecto a la evaluación visual.

Palabras clave: Arquitectura del racimo, Morfología del racimo, Visión por computador, Análisis multivariante, Modelo PLS.

INTRODUCCIÓN

La compacidad del racimo es una característica fundamental que incide notablemente en la calidad de la uva y el vino (Tello e Ibáñez, 2014). Según criterios de la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV, 2007), los racimos se pueden clasificar en términos de compacidad desde racimos poco densos a racimos muy densos, donde las bayas están muy apretadas, incluso deformadas, y donde un gran número ellas se encuentran en capas interiores. Esto hace que tengan una escasa circulación de aire y reducida exposición al sol, lo que compromete la maduración, hace que sea heterogénea en el racimo y que éste sea más susceptible a enfermedades fúngicas, por lo que los productores tratan de obtener racimos poco densos, sueltos, considerados de mayor calidad (Vail y Marois, 1991).

La mayoría de estudios utilizan la escala del descriptor visual propuesto por la OIV (2007) para estimar la compacidad, aunque también se han utilizado otros sistemas visuales desarrollados específicamente. Sin embargo, estos métodos son muy subjetivos, lo que hace que no sean útiles si se precisan mediciones objetivas y cuantitativas. Se puede encontrar en la literatura diferentes índices basados en la arquitectura del racimo.

Tello e Ibáñez (2014) probaron 19 índices distintos en una muestra de racimos con gran variabilidad morfológica, y la mayoría produjeron una baja estimación. En este estudio, se evaluaron de forma manual las características morfológicas del racimo, lo que dificulta su aplicación industrial. Dada la importancia de la compacidad del racimo para la estimación de la calidad de la uva tanto de mesa como de vino, el desarrollo de un método cuantitativo, rápido y objetivo para evaluar este parámetro vitivinícola beneficiaría a ambas industrias.

La visión por computador se utiliza con frecuencia para inspeccionar frutas y verduras, lo que permite crear sistemas capaces de estimar de forma rápida, repetible y precisa algunas de sus características externas (Cubero et al., 2011). El procesamiento de imágenes se ha utilizado en viticultura para estimar el rendimiento de los cultivos (Diago et al., 2012, Tardáguila et al., 2012). El análisis de imagen también se ha aplicado para la evaluación de los componentes del racimo, como el número y tamaño de las bayas por racimo o su peso (Diago et al., 2014a; Cubero et al., 2014). Recientemente se ha aplicado con éxito un nuevo método para la evaluación del número de flores por inflorescencia utilizando análisis de imagen (Diago et al., 2014b).

Todos estos datos sugieren que es posible estimar la compacidad del racimo de forma cuantitativa, precisa y objetiva utilizando técnicas de análisis de imagen aplicadas a la morfología del racimo, algo que hasta el momento no ha sido abordado y que constituye el objetivo de este trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se llevaron a cabo utilizando 90 racimos de nueve variedades tintas de *Vitis vinifera* L.: ‘Aramon’, ‘Bobal’, ‘Cabernet Franc’, ‘Cinsaut’, ‘Danugue’, ‘Derechero de Muniesa’, ‘Monastrell’, ‘Moravia Agria' y 'Rubí Seedless', racimos de diferentes tamaños, formas y densidades para proporcionar mayor variabilidad entre la morfología de racimo y la compacidad. Los racimos fueron cuidadosamente vendimiados a mano y se mantuvieron refrigerados a 4 ºC hasta la adquisición de las imágenes.

Ésta se realizó en el interior de una campana de inspección consistente en una cámara réflex (Canon EOS 550D) e iluminación compuesta por tubos fluorescentes de 6500 K orientados a 45º y alimentados por balastos electrónicos de alta frecuencia para evitar el efecto de parpadeo. Los racimos se colgaron del pedúnculo para no distorsionar su forma, y se utilizó un fondo uniforme para facilitar la posterior segmentación de las imágenes, aumentando el contraste entre las bayas y el fondo. Se fotografiaron las cuatro caras de cada racimo con una resolución de 0,12 mm/píxel.

Para obtener una referencia de la compacidad, 14 expertos caracterizaron la compacidad de cada racimo con las calificaciones visuales entre 1 y 9 recomendadas por el descriptor 204 de la OIV (2007), donde 1 corresponde a los racimos menos compactos y 9 a los más compactos. La calificación final para cada racimo fue el promedio de las 14 puntuaciones.

El primer paso del análisis de imagen consistió en una segmentación para discriminar entre los píxeles de fondo, baya y raquis (Figura 1b). Para entrenar el modelo de segmentación, se seleccionaron manualmente un conjunto representativo de píxeles de cada clase sobre varias imágenes que no se utilizaron después para generar el modelo de

clasificación de píxeles. Este proceso se realizó utilizando el programa de libre acceso Food-ColorInspector (disponible en http://www.cofilab.com).

A partir de la imagen segmentada se calcularon los porcentajes de área del racimo correspondiente a bayas (AB), raquis (AR) y huecos (AH) (Figura 1c). Posteriormente se extrajo el contorno del racimo para obtener otras características morfológicas como el área (A), perímetro (P), longitud (L) anchura máxima (MW), el eje principal de inercia y la anchura al 25% (W25), 50% (W50) y 75% (W75) de la longitud total del eje principal (Figura 1d). Por último, se calcularon otras características adicionales relacionadas con la morfología, como el ratio A/P (AP), la relación de aspecto (AS) (Ecuación 1), el factor de compacidad de la forma (CSF) (Ecuación 2) y la redondez (RD) (Ecuación 3).

$$AS = MW / L \quad \textbf{(1)}$$

$$CSF = (P^2 / A) \quad \textbf{(2)}$$

$$RD = (4.0 * \pi * A) / P^2 \quad \textbf{(3)}$$

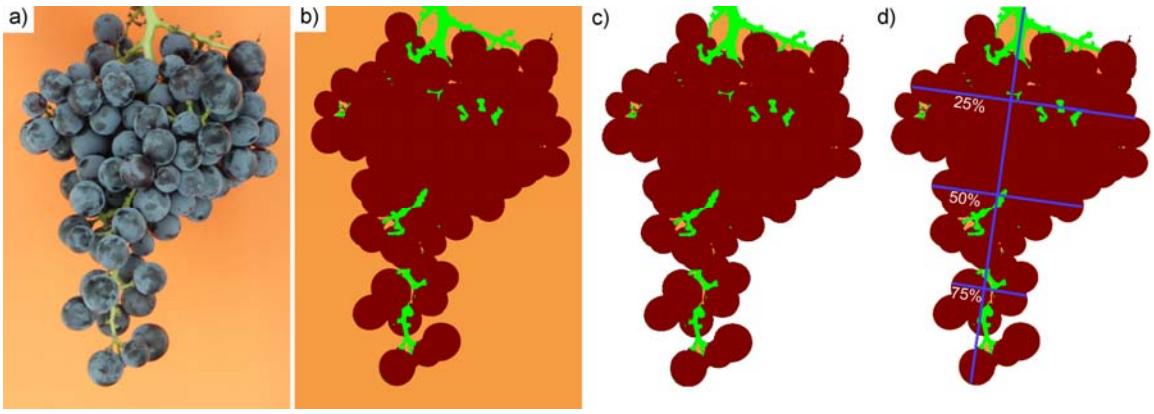


Figura 1. a) imagen original, b) imagen segmentada, c) área correspondiente a bayas (marrón), raquis (verde) y huecos (naranja) y d) eje principal de inercia y anchura al 25%, 50% y 75% de la longitud del eje.

A partir de las características extraídas por el análisis de imagen, se desarrolló un modelo estadístico multivariante basado en PLS (Partial Least Squares), dentro del ámbito del análisis multivariante de imágenes (MIA) (Prats-Montalbán et al., 2011), para seleccionar las características morfológicas con mayor capacidad predictiva para estimar de forma objetiva y precisa la compacidad de los racimos. En el análisis estadístico se incluyeron los valores promedio de cada variable obtenidos para cada una de las cuatro imágenes del racimo. Se construyó un modelo PLS (Geladi y Kowalski, 1986) capaz de aprovechar el potencial de la estructura de correlación interna entre todo el conjunto de variables del análisis de imagen así como las variedades, con el fin de crear un modelo de inferencia de la compacidad del racimo. Las variables fueron autoescaladas para darles a todas la misma oportunidad de contribuir al modelo. El 70% de los racimos se utilizó para construir el modelo PLS y el 30% restante se utilizó como conjunto de validación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 2 muestra el gráfico de coeficientes con intervalos de confianza del 95% para el conjunto inicial de variables. El modelo PLS construido mostró una capacidad de predicción del 85,3% para la compacidad del racimo (calificación compacidad OIV).

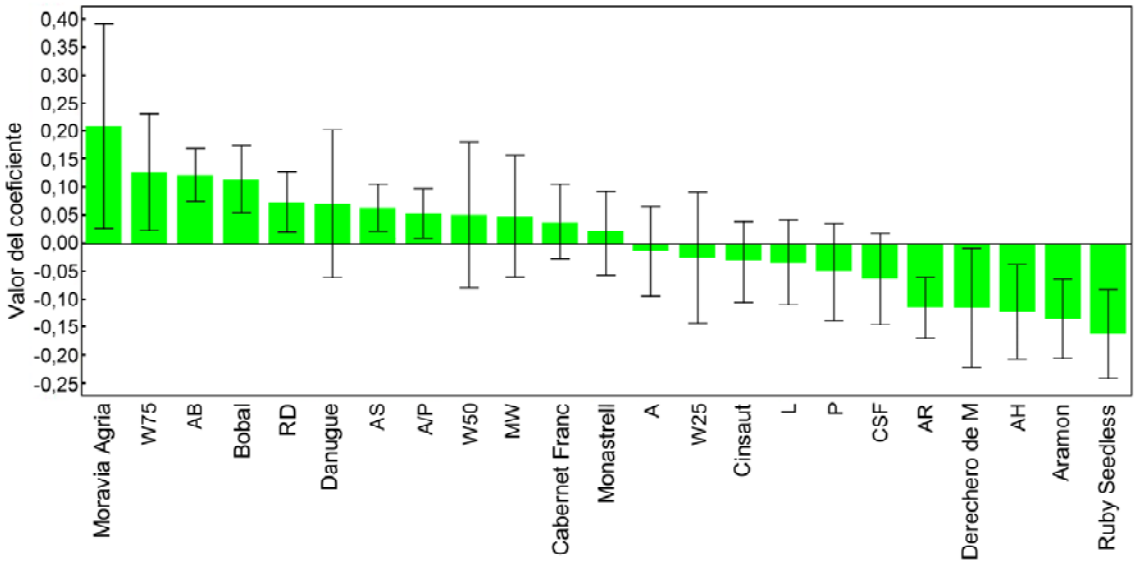


Figura 2. Gráfico de coeficientes con un intervalo de confianza del 95%. El eje Y muestra el valor del coeficiente de cada característica. El eje X muestra las variedades y las variables extraídas por el análisis de imagen.

El modelo PLS reveló el mayor papel de las variables AS, W75, AB, RD, CSF, AR y AH en la estimación de la compacidad del racimo. Las variables AS, W75, RD y AB mostraron valores más altos en los racimos de mayor compacidad. Por lo tanto, los racimos compactos son propensos a tener un mayor porcentaje de área ocupada por bayas (AB), lo que es lo mismo que decir que el raquis es menos visible y presentan menos huecos, y además tienen una forma más redondeada (RD), causada por una mayor proporción entre A y P, similar a lo que ocurre entre la anchura y la longitud (AS). Es interesante destacar que los racimos compactos también mostraron una mayor anchura al 75% del eje principal (W75).

Por el contrario, las variables CSF, AR y AH mostraron un coeficiente negativo en la primera componente, vinculado a las variedades de uva con racimos menos compactos. Las variables AR y AH, que corresponden a la visibilidad del raquis y la presencia de huecos, son mayores en los racimos menos compactos. De hecho, esto es similar a uno de los criterios utilizados en el descriptor de la OIV para la compacidad del racimo, la visibilidad de los pedicelos. La variable CSF tiene una relación inversa con la RD, y aumenta con el perímetro. Un mayor perímetro puede ser consecuencia de la disposición irregular de las bayas en racimos más sueltos y también aumenta con la longitud de las primeras ramificaciones, lo que se correlaciona significativa y negativamente con la compacidad del racimo (Tello e Ibáñez, 2014).

En general, las variables extraídas por el modelo no se pueden evaluar directamente de forma visual y requieren la medición cuantitativa de otras características complejas del racimo, como el área total o el perímetro (necesario para el cálculo del RD y CSF), así como el área del racimo correspondiente a bayas, raquis y huecos, que sólo pueden ser determinadas con exactitud por análisis de imagen. Por lo tanto, el desarrollo de métodos de procesamiento de imágenes permite la medición de nuevas características que se pueden utilizar para la construcción de modelos para una evaluación objetiva y precisa de la compacidad del racimo. La bondad del modelo se puso a prueba con el

conjunto de validación de muestras. La Figura 3 muestra la predicción de la validación y la formación fija con respecto a sus valores observados.

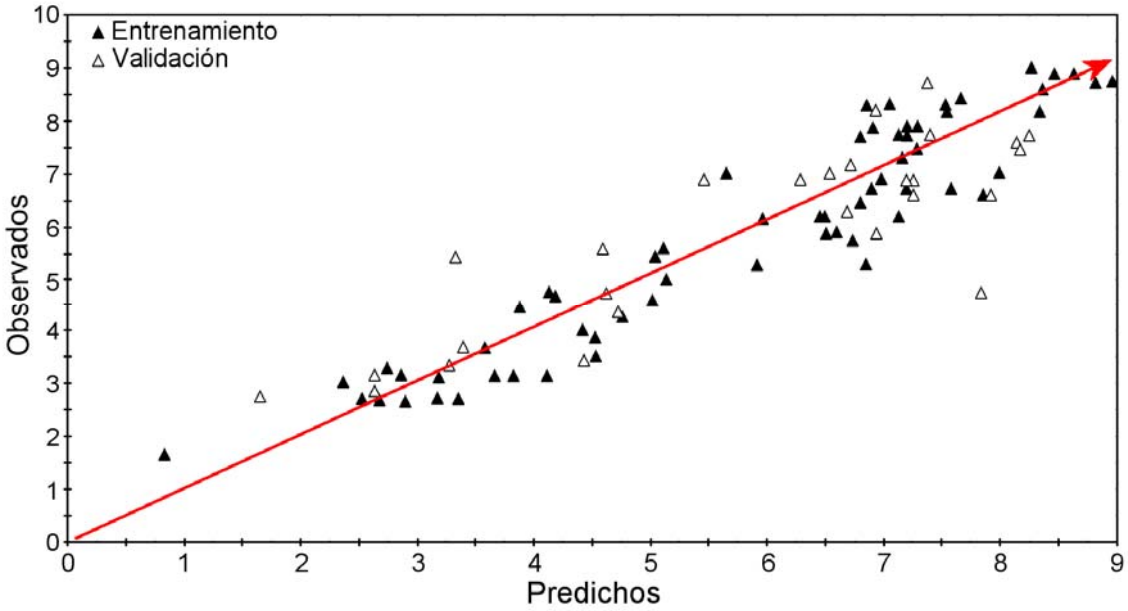


Figura 3. Valores observados (puntuación de los expertos) vs valores predichos por modelo para la compacidad del racimo. La capacidad de predicción fue del 85% y la precisión del modelo (RMSEP, Root-Mean-Square Error of Prediction) fue de 1.03.

CONCLUSIONES

En este trabajo, se presenta un avance para automatizar la evaluación de la compacidad del racimo mediante procesamiento de imágenes y MIA. El modelo PLS construido a partir de diferentes características del racimo mostró una capacidad de predicción del 85,3% para el conjunto de las variedades estudiadas. Las variables que demostraron ser más discriminantes están altamente correlacionadas con el grado de agregación de las bayas en el racimo (porcentajes de visibilidad de bayas, raquis y agujeros) y con su forma (redondez, factor de compacidad de forma y relación de aspecto). Estas características tienen la particularidad de que son invariantes con el tamaño, mientras que otras variables cuya medición depende en gran medida del tamaño del racimo como el área, perímetro, longitud, o anchura fueron descartadas por el modelo. Esta novedosa herramienta para evaluar la compacidad del racimo podría aplicarse como un nuevo indicador de la calidad de la uva en la evaluación del viñedo en condiciones de campo, para lo cual habría que adaptar el proceso de segmentación de las imágenes a las complejas condiciones de campo, o como un posible estimador de la calidad de la uva durante la recepción en bodega.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el INIA a través de los proyectos de investigación RTA2012-00062-C04-01 y RTA2012-00062-C04-03 con el apoyo de fondos europeos FEDER, por el MINECO (España) a través de los proyectos AGL2010-15694, AGL2011-23673 y por las becas predoctorales BES-2011-047041 (J. Tello).

Referencias

Cubero, S., Aleixos, N., Moltó, E., Gómez-Sanchis, J., Blasco, J. (2011). Advances in machine vision applications for automatic inspection and quality evaluation of fruits and vegetables. Food and Bioprocess Technology 4(4), 487-504.

Cubero, S., Diago, M.P., Blasco, J., Tardáguila, J., Millán, B., Aleixos, N. (2014). A new method for pedicel/peduncle detection and size assessment of grapevine berries and other fruits by image analysis. Biosystems Engineering 117, 62-72.

Diago, M.P., Correa, C., Millán, B., Barreiro, P., Valero, C., Tardáguila, J. (2012). Grapevine's yield and leaf area estimation using supervised classification methodology on RGB images taken under field conditions. Sensors 12, 16988-17006.

Diago, M.P., Tardáguila, J., Aleixos, N., Millan, B., Prats-Montalban, J.M., Cubero, S., Blasco, J. (2014a). Assessment of cluster yield components by image analysis. Journal of the Science of Food and Agriculture. (In press). DOI: 10.1002/jsfa.6819.

Diago, M.P., Sanz-García, A., Millán, B., Blasco, J., Tardáguila, J. (2014b). Assessment of flower number per inflorescence in grapevine by image analysis under field conditions. Journal of the Science of Food and Agriculture 94, 1981-1987.

Geladi, P., Kowalski, B.R. (1986). Partial Least-Squares Regression: A Tutorial, Analytica Chimica Acta 185, 1-17.

O.I.V. (2007). OIV descriptor list for grape varieties and Vitis species. (Organisation Internationale de la Vigne et du Vin: Paris, *France*)

Prats-Montalbán, J.M., de Juan, A., Ferrer, A. (2011). Mutilvariate Image Analysis : a review with applications. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 107 (1), 1-23.

Tardáguila, J., Blanco, J.A., Poni, S., Diago, M.P. (2012). Mechanical yield regulation in winegrapes: comparison of early defoliation and crop thinning. Australian Journal of Grape and Wine Research 18, 344-352.

Tello, J., Ibáñez, J. (2014). Evaluation of indexes for the quantitative and objective estimation of grapevine bunch compactness. Vitis 53(1), 9-16.

Vail, M.E., Marois, J.J. (1991). Grape cluster architecture and the susceptibility of berries to *Botrytis cinerea*. Phytopathology 81(2), 188-191.

El ratio isotópico del carbono ($\delta^{13}C$) como indicador válido de la eficiencia en el uso del agua en vid

J.M. Escalona*[1], M. Tomás[1], M. Ribas-Carbó[1], A. Bechir[1], J. Bota[1], L.G. Santesteban[2], C. Miranda[2], J.B. Royo[2], J.R. Castel[3], D.S. Intrigliolo[4], F. de Herralde[5], X. Aranda[5], R.Savé[5], M. Nadal[6], A. Sánchez-Ortiz[6], H. Medrano[1].

1 Grupo de Investigación de Biología de las plantas en condiciones mediterráneas, Universidad de las Islas Baleares. Ctra. Valldemossa, km 7.5. 07122, Palma de Mallorca (Islas Baleares). *E-mail: jose.escalona@uib.es
2 Dpto. Producción Agraria, Univ. Pública de Navarra. Campus de Arrosadia, 31006, Pamplona (Navarra).
3 Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Carretera Moncada - Náquera, Km. 4,5 46113 Moncada (Valencia).
4 CEBAS-CSIC. Campus Universitario de Espinardo. Espinardo. Murcia. 30100 España.
5 IRTA Torre Marimon E-08140 - Caldes de Montbui (Barcelona).
6 Grup Vitivinicultura. F. Enologia, Dept. Bioquímica i Biotecnologia, U. Rovira i Virgili, Campus Sescelades, 43007, Tarragona.

Resumen

La eficiencia del uso del agua del viñedo (EUA) se define como la relación entre la producción de uva y el agua total aplicada (precipitación efectiva + riego). La determinación del ratio isotópico de carbono ($\delta^{13}C$) medida en la hoja o en la baya se puede considerar un parámetro válido e integrador de la EUA en vid. Sin embargo, los valores obtenidos pueden variar en función del genotipo, de la disponibilidad hídrica y de las condiciones edafoclimáticas del viñedo. En este trabajo se estudió la variación de $\delta^{13}C$ en viñedos de diferentes regiones en un amplio gradiente de condiciones climáticas y edáficas y regímenes de riego y para diferentes cultivares. El análisis de los resultados ha permitido estimar el rango de variación de $\delta^{13}C$ en condiciones de campo, y de explorar su correspondencia con la EUA lo largo de esta amplia gama de variaciones ambientales y genotípicas. Dicho rango es mayor cuando se analizaron muestras de uva tomadas en la cosecha en relación a los valores obtenidos en materia seca de hoja (de -21 a -29 ‰ y de -25 a -28 ‰ respectivamente). En dicho rango se pueden establecer diferentes estados hídricos a los que se ha sometido el viñedo. Además el valor de $\delta^{13}C$ medido en fruto ha proporcionado la mejor correspondencia con la EUA del viñedo, pudiéndose considerar por tanto como un parámetro integrador de la misma.

Palabras clave: *Vitis vinifera*, disponibilidad hídrica, riego.

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua es el principal factor limitante de la producción agrícola en ambientes mediterráneos. Los cambios de las condiciones climáticas imponen la necesidad de mejorar la eficiencia del uso del agua en vid (EUA) con el fin de conseguir una viticultura sostenible. La eficiencia del uso del agua (EUA) se puede definir a diferentes escalas: foliar, definida como la relación entre la fotosíntesis neta y la conductancia estomática (A_N/g_s), de planta entera, definida como la relación entre la

biomasa y el agua transpirada y por último agronómica, definida como la relación entre la producción del cultivo y el agua aportada por riego y precipitación.

La discriminación del isótopo del carbono ($\delta^{13}C$) que ocurre durante el intercambio de gases fotosintético en plantas C3 (Farquhar et al., 1982; Farquhar et al., 1988) considera el fraccionamiento de la difusión del CO_2 a través de la capa límite (2.9‰), de los estomas (4.4‰), del agua (0.7‰), de la disolución del CO_2 (1.1‰) y el fraccionamiento neto de PEPC y de la actividad de RuBisCO (estimado en 29‰). Este modelo de discriminación isotópica del carbono en plantas C3 es un modelo para el intercambio gaseoso fotosintético en estado estacionario, que ha sido ampliamente usado en el análisis de $\delta^{13}C$ como indicador de EUA de las plantas. Numerosos autores han mostrado que $\delta^{13}C$ puede ser un parámetro fácil y rápido de medir, representativo de la eficiencia en el uso del agua (EUA) en la vid (Souza et al., 2005; Chaves et al., 2007; Medrano et al., 2010; Santesteban et al., 2012). Sin embargo, los resultados obtenidos pueden variar en función del genotipo, las condiciones experimentales, los momentos de muestreo, órgano muestreado, etc.

La EUA a escala de cultivo debe ser considerada como un aspecto determinante en el cultivo de la vid, ya que los nuevos escenarios de cambio climático prevén una mayor escasez de agua que puede representar una amenaza para el cultivo de la vid. Por tanto, es necesario profundizar en metodologías que nos permitan determinar la EUA de manera rápida, así como conocer las condiciones de cultivo que permitan incrementar la eficiencia en el uso del agua. En este trabajo se pretende evaluar el efecto del genotipo, la disponibilidad hídrica y el manejo del suelo en las variaciones de $\delta^{13}C$ medidas tanto en hoja como en fruto con el fin de determinar los rangos de variación debidos a dichos efectos y la relación entre $\delta^{13}C$ y la EUA.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en 4 localizaciones: Mallorca, Valencia, Barcelona y Navarra. En Mallorca, se evaluó el efecto del genotipo en la eficiencia en el uso del agua (EUA) determinando el ratio isotópico de carbono ($\delta\ ^{13}C$) en hoja adulta y en uva en cosecha en un total de 23 genotipos diferentes de vid localizados en una parcela colección situada en Palma, durante los años 2010 y 2011. En Valencia se evaluó el efecto de diferentes estrategias de riego deficitario (50% ET_c) que consisten en aplicar riego deficitario sostenido, desde pre-envero o desde post-envero, en comparación con un testigo (100% ET_c) en EUA en el cultivar 'Tempranillo'. Se determinó $\delta^{13}C$ en muestras de fruto en cosecha. En Barcelona se evaluó el efecto del portainjerto en la EUA. Para ello se compararon tres portainjertos R-110, 140Ru y 41B en los se injertaron las variedades 'Cabernet Sauvignon', 'Garnacha' y 'Marselán'. Las plantas de 3 años de edad se cultivaron en secano. Se determinó $\delta^{13}C$ en hojas y frutos en vendimia. En Navarra se evaluó durante cinco años consecutivos para la variedad 'Tempranillo' el efecto de dos manejos de suelo (cubierta vegetal y laboreo) en la EUA en un terreno franco arcilloso, comparándose con la de un suelo cascajoso con una dinámica hídrica distinta. Se determinó $\delta^{13}C$ en muestras de uva en el momento de la cosecha. En todas la localizaciones se calculó la eficiencia de agua por el cultivo para cada tratamiento estudiado como la relación entre la producción unitaria y el agua total aportada a cada cepa (kg uva/m^3 agua riego + precipitación). También se determinó el estado hídrico de las plantas mediante la medida del potencial hídrico del tallo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Influencia del genotipo en la EUA y su relación con $\delta^{13}C$

El estudio comparativo de la EUA de 23 genotipos diferentes, determinado a partir de medidas de $\delta^{13}C$ en hoja y en fruto en el momento de cosecha muestra un elevado rango de variación (Figura 1). Así, genotipos locales de Mallorca como 'Escursac' bien adaptados a condiciones de déficit hídrico severo o genotipos de amplia distribución descritos en bibliografía como resistentes a la sequía como la 'Garnacha', muestran valores menos negativos de $\delta^{13}C$ en relación a otras variedades como 'Tempranillo' o 'Macabeo', y por tanto reflejan una mayor eficiencia en el uso del agua. Estos resultados se observan tanto en la $\delta^{13}C$ determinada en muestras de hoja como en muestras de fruto, si bien es cierto que el rango de variación de éstas últimas es mayor, oscilando entre -29 y -23 ‰ y por tanto permiten discriminar mejor diferentes estados hídricos y niveles de EUA.

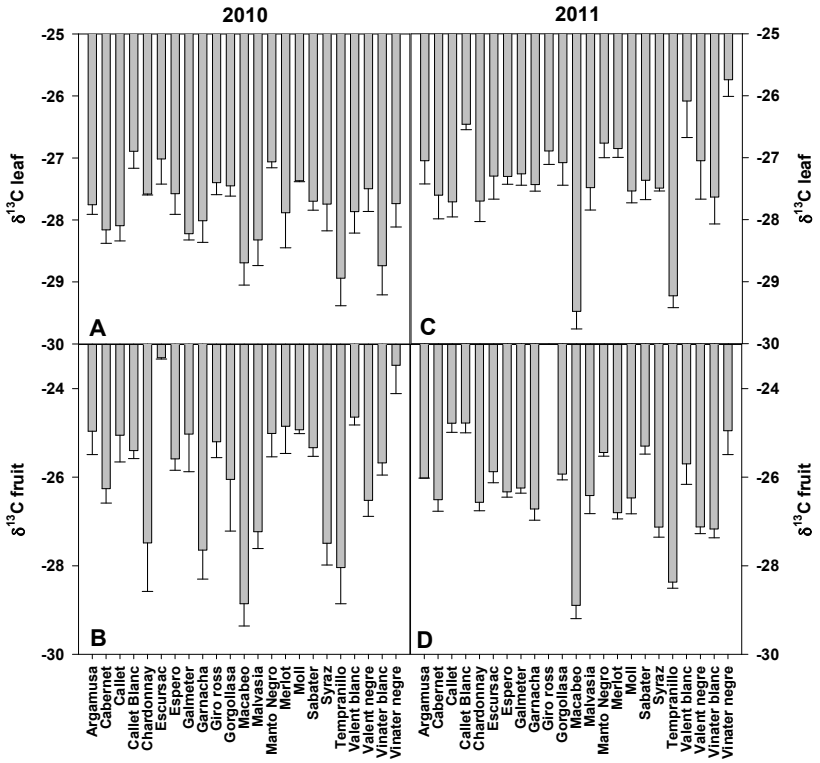


Figura 1. Variación genotípica de $\delta^{13}C$ medio en hoja y en fruto en 23 variedades de vid de vinificación.

Por otra parte, no se observa una relación universal entre la eficiencia del uso del agua del cultivo entendida como la relación entre la producción de la cepa y el total de agua aplicada a la planta (precipitación), y la discriminación isotópica de carbono medido tanto en muestras de hoja como en muestras de fruto (Figura 2). Sin embargo, sí se aprecia una mayor relación del $\delta^{13}C$ con el estado hídrico de la planta en el momento de la cosecha (datos no mostrados).

Efecto combinado del portainjerto x cultivar en la EUA y su relación con $\delta^{13}C$

Como puede observarse en la Figura 3, los valores de $\delta^{13}C$ obtenidos en el ensayo de comparación de portainjertos indican que los medidos en hojas fueron menos

negativos a los encontrados en muestras de fruto, ambas tomadas en momento de cosecha (-26 a -27‰ y -23 a -25‰, en hojas y fruto respectivamente). Estos valores son del mismo orden que los que se muestran en la Figura 1.

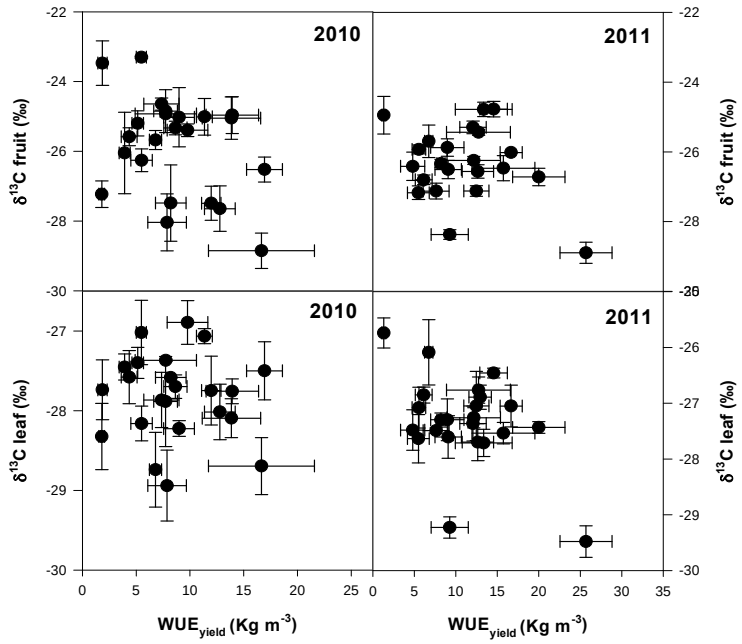


Figura 2. Correspondencia entre la EUA y δ ^{13}C medio en hoja y en fruto en 23 variedades de vid de vinificación.

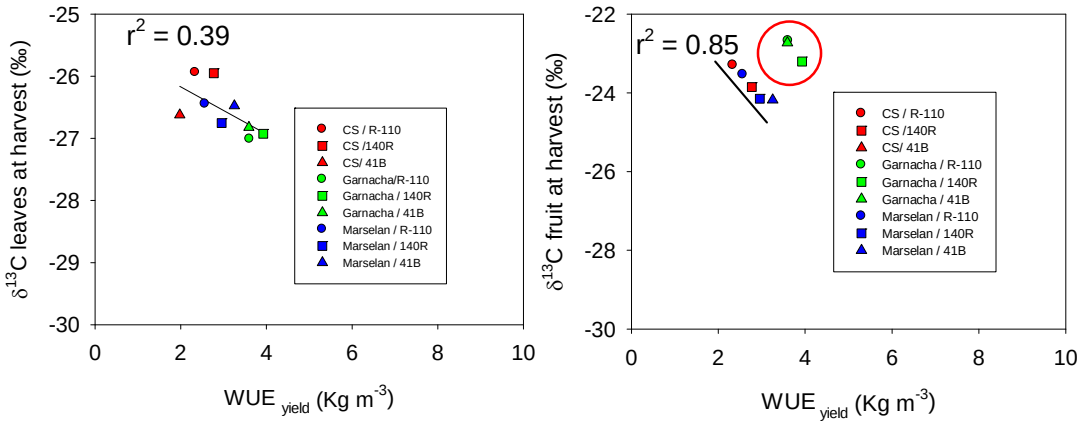


Figura 3. Correspondencia entre la EUA y δ^{13}C medidas en muestras de hojas y frutos en vendimia en las variedades 'Cabernet Sauvignon' (símbolos rojos), 'Garnacha' (símbolos verdes) y 'Marselán' (símbolos azules) injertadas en los portainjertos R-110 (círculos) 140R (cuadrados) y 41B (triángulos).

Por otra parte, los valores de δ^{13}C medidos en muestras de hoja en vendimia muestran una cierta correspondencia con la eficiencia en el uso del agua independientemente del portainjerto utilizado. Además, la variedad de vinífera determina variaciones en los valores de δ^{13}C en fruto y EUA, siendo más eficiente la variedad

'Marselán' y menos eficiente la variedad 'Cabernet Sauvignon'. Por tanto, la eficiencia en el uso del agua está más determinada por la vinífera que por el portainjerto utilizado. Cuando se analizan los valores de $\delta\ ^{13}C$ medidos en fruto, se observa una mayor regresión con la EUA salvo para el caso de 'Garnacha' que muestra un comportamiento independiente, siendo ésta variedad la que presenta la EUA más alta de las tres variedades estudiadas.

Efectos de las estrategias de riego deficitario en la EUA y su relación con $\delta\ ^{13}C$

El riego deficitario pretende reducir los consumos hídricos en vid a la vez que se persigue mejorar la calidad de la uva y mantener la capacidad productiva de la cepa. Por tanto como consecuencia se incrementa la eficiencia del uso del agua del cultivo. Los datos recogidos en la Figura 4 indican que no se observan diferencias en $\delta\ ^{13}C$ medido en fruto en el momento de cosecha en plantas sometidas a condiciones de riego deficitario (50% ET_c), en comparación con un riego para cubrir las necesidades hídricas de las cepas (100% ET_c), independientemente de la estrategia a seguir. Estos resultados indican que las tres variantes de riego deficitario permitieron mantener un estado hídrico de la planta favorable independientemente a la estrategia de aplicación. Sin embargo, sí se observa un cierto efecto en la EUA del cultivo. Así, las plantas sometidas a riego deficitario sostenido presentaron las EUA más elevadas. El resto de los tratamientos mostraron valores muy similares de la EUA. Estas diferencias se deben tanta a un menor aporte de agua (153 L en RD sostenido y 172 L, 216 L y 274 L en RD pre-envero, RD post-envero, y 100%ET_c respectivamente) y a un mantenimiento de la producción unitaria en relación al tratamiento testigo (100% ET_c).

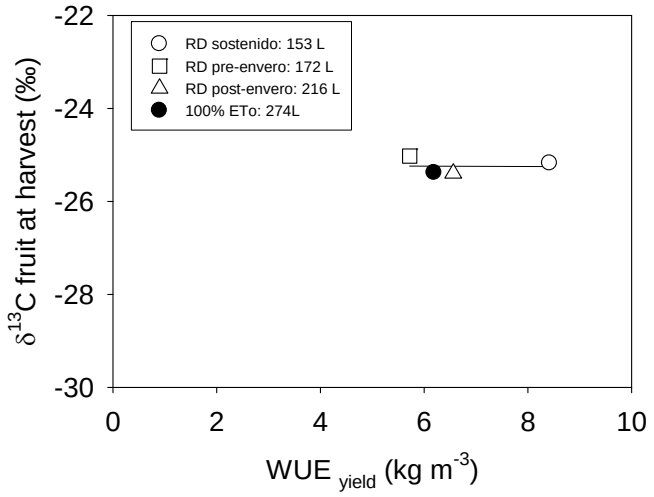


Figura 4. Correspondencia entre $\delta^{13}C$ medido en fruto en cosecha y la EUA en plantas sometidas a diferentes estrategias de riego deficitario.

Efectos del manejo de suelo en $\delta^{13}C$ y su relación con la EUA y el estado hídrico

Las diferentes modalidades de gestión de suelo pueden modificar la disponibilidad de agua en el suelo para la planta y como consecuencia provocar un efecto en el estado hídrico de la vid que determine cambios en el crecimiento y la producción de la cepa. Dichos efectos pueden determinar variaciones en los consumos hídricos de la cepa y

como consecuencia modificar la eficiencia en el uso del agua. Los datos recogidos en la Figura 5A muestran que el efecto interanual en los valores de $\delta^{13}C$ y en la EUA entendida como la relación entre producción unitaria y agua aportada es el predominante. Por tanto, las diferentes modalidades de gestión del suelo no determinan cambios sustanciales en los parámetros estudiados. Por otra parte las variaciones encontradas en $\delta^{13}C$ responden a cambios en el estado hídrico de las plantas motivado por la diferente disponibilidad hídrica del suelo. El viñedo con suelo cascajoso mostró un mayor nivel de estrés hídrico, que se refleja en valores menos negativos de $\delta^{13}C$, siendo los viñedos con cubierta los que consiguieron mantener unas condiciones hídricas más favorables (Figura 5B), probablemente como consecuencia de su menor desarrollo vegetativo y carga.

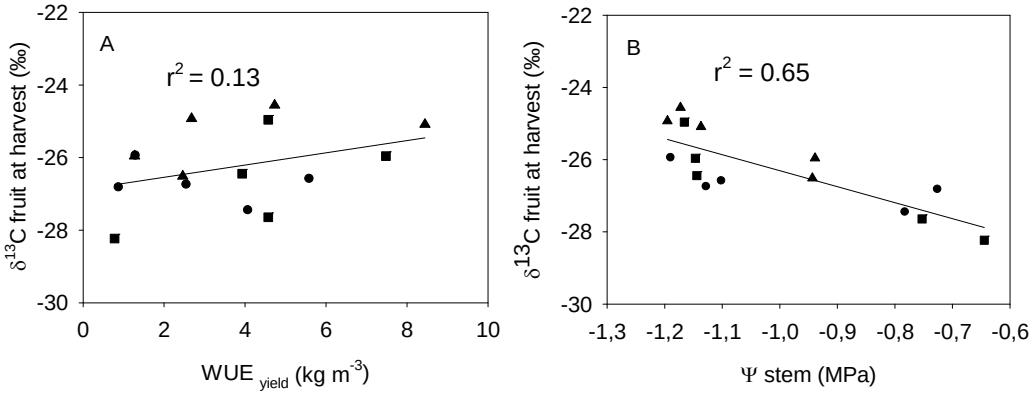


Figura 5. Relación entre $\delta^{13}C$ medido en el fruto en el momento de cosecha y el potencial hídrico del tallo (A) y la EUA (B) en viñedos con cubierta vegetal (círculos), con laboreo tradicional (cuadrados) y con cascajo (triángulos). Los datos corresponden a 5 años consecutivos.

CONCLUSIONES

Un análisis global de los resultados expuestos en este trabajo permite concluir que la medida de $\delta^{13}C$ se puede considerar como un buen indicador de la EUA. Las medidas de $\delta^{13}C$ en fruto parece ser más consistente como medida integradora de la EUA. De todos los factores estudiados, el genotipo (portainjerto/vinífera) parece determinar en mayor medida cambios en $\delta^{13}C$. Sin embargo las variaciones interanuales de las condiciones del cultivo representan la mayor fuente de variación de la $\delta^{13}C$. Por otra parte, en la mayoría de los estudios realizados, se observa una mayor correlación de $\delta^{13}C$ con el estado hídrico de la planta en comparación con la encontrada con la EUA, sugiriendo que $\delta^{13}C$ puede ser considerado como un parámetro indicador del estado hídrico del cultivo, más que de su eficiencia en el uso del agua, dado que la EUA es un variable en la que influyen más factores además del propio nivel de disponibilidad de agua en el suelo.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con fondos FEDER y el proyecto AGL2011-30408-C04

Referencias

Chaves, M.M., Santos, T.P., Souza, C.R., Ortuño, M.F., Rodrigues, M.L., Lopes, C.M., Maroco, J.P. and Pereira, J.S. (2007). Deficit irrigation in grapevine improves water-use-efficiency without controlling vigour and production quality. Annals of Applied Biology 150, 237–252.

Farquhar, G.D., Hubick, K.T., Condon, A.G., Richards, R.A. (1988). Carbon isotope fractionation and plant water-use efficiency. En: Rundel, P.W., Ehleringer, J.R. y Nagy, K.A. (eds.). Stable isotopes in ecological research, pp 21-40. Springer-Verlag, NewYork, USA.

Farquhar, G.D., Oleary. M.H., Berry, J.A. (1982). On the relationship between carbon isotope discrimination and the inter-cellular carbon-dioxide concentration in leaves. Australian Journal of Plant Physiology, 9, 121-137.

Medrano, H., Flexas, J., Ribas-Carbó, M., Gulías, J., (2010). Measuring Water Use Efficiency in Grapevines, En: Methodologies and Results in Grapevine Research, S. Delrot, H. Medrano, E. Or, L. Bavaresco, S. Grando (eds), pp. 123-134, Springer: Dordrecht, The Netherlands.

Santesteban, L.G., Miranda, C., Urretavizcaya, I., Royo, J.B. (2012) Carbon isotope ratio of whole berries as an estimator of plant water status in grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. 'Tempranillo'. Scientia Horticulturae, 146, 7-13.

Souza, C.R., Maroco, J., Santos, T., Rodrigues, M.L., Lopes, C.M., Pereira, J.S., Chaves, M.M. (2005). Impact of deficit irrigation on water use efficiency and carbon isotope composition ($\delta^{13}C$) of field grown grapevines under Mediterranean climate. Journal of Experimental Botany, 56, 2163–2172.

Cámaras de planta entera, el futuro en los balances de carbono

E. Hernández, S. Martorell*, M. Tomás, J.M. Escalona, J. Bota, I. Tortosa, G. Vidal e H. Medrano.

1 Grup de recerca en Biologia de les plantes en condicions mediterrànees. Universitat de les Illes Balears. Crta. Valldemosa, km 7,5, 07122, Palma de Mallorca.
*E-mail: sebastia.martorell@uib.es

Resumen

Los balances de carbono son actualmente un campo de estudio con especial interés a nivel global y en viticultura. La determinación de la huella del carbono así como la contribución de los viñedos a disminuir los efectos del cambio global son de especial interés dada la importancia y extensión de este cultivo. Las cámaras de planta entera son una herramienta muy interesante para la determinación de estos balances. Actualmente, son pocos los estudios que existen en la determinación de intercambio de gases a nivel de planta entera en vid. Esto se debe muchas veces a la complejidad del sistema y el mantenimiento que puede suponer. En este estudio se han usado las cámaras de planta entera propuestas por Perez-Peña y Tarara (2004) introduciendo algunas modificaciones para aumentar su fiabilidad. Los resultados muestran que estas cámaras son capaces de predecir valores de asimilación de carbono similares a los obtenidos mediante la realización de medidas a nivel foliar a lo largo del dosel vegetal, validando así el uso de las cámaras de planta entera como una herramienta muy prometedora para la determinación de balances de carbono en vid.

Palabras clave: Fotosíntesis, balance de carbono, *Vitis vinifera*.

INTRODUCCIÓN

La determinación de los balances de carbono es necesaria para conocer la contribución de las plantas en los diferentes biomas a la mitigación del incremento progresivo de CO_2 en la atmosfera (IPCC 2013). El aumento de temperaturas y la disminución del agua disponible asociadas al cambio climático en climas mediterráneos provocan un efecto sobre los balances de carbono que es necesario conocer mejor, por lo que resulta necesario el estudio de estos balances para predecir sus efectos sobre el cambio global. También existe una necesidad cada vez mayor por parte de la sociedad de determinar la huella de carbono de los cultivos cada vez más demandada en los productos agrícolas como el vino o el aceite.

La vid está presente en seis continentes y es uno de los cultivos leñosos más extensos en el mundo con más de 7.5 Mha. El estudio de los balances de carbono en vid hasta el momento no ha sido muy amplio y en su mayor parte se ha realizado en plantas en maceta (Escalona et al., 2012). Es por esto que es necesario aumentar el conocimiento en campo y también investigar en la metodología a usar. Una herramienta prometedora en el campo de la ecofisiología que puede ayudar a cuantificar los balances de carbono de una forma más precisa son las denominadas “cámaras de planta entera”. Estas cámaras permiten determinar el balance de carbono de la parte aérea de la planta en maceta o en

campo (Steduto et al., 2002). Si la cámara está bien diseñada se pueden llegar a obtener unas condiciones climáticas muy parecidas a las ambientales (Tarara et al., 2011).

Diferentes tipos de cámara de planta entera se han usado en la vid, (Miller et al., 1997; Poni et al., 1997; Petrie et al., 2003; Pérez-Peña y Tarara, 2004) siendo la cámara de Pérez-Peña y Tarara (2004) una de las más interesantes por su diseño rígido y sistema abierto de medida de intercambio de gases. En este estudio pretendemos validar las medidas en este tipo de cámara mediante medidas de intercambio de gases a nivel foliar en diferentes posiciones del dosel vegetal para realizar de dos formas diferentes la integral de asimilación de carbono por planta y comparar los resultados obtenidos por ambos métodos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Plantas y tratamientos

El experimento se llevó a cabo durante el mes de julio de 2014 en el campo experimental de la Universidad de las Islas Baleares en las plantas de la variedad Garnacha injertadas sobre el portainjerto Richter-110. Las plantas tenían una edad de 5 años en el momento de la realización del experimento. El marco de plantación es de 2.5 metros entre líneas y 1 metro entre plantas. Las vides están formadas en espaldera con doble cordón con unos 10-12 sarmientos por planta. El suelo es del tipo franco-arcilloso con una profundidad máxima de 1.5 metros. Se aplicaron dos tratamientos de riego, uno de riego moderado manteniendo un potencial hídrico al amanecer (Ψ_{pd}) no superior a -0.35 MPa y uno de secano, sin apenas precipitación que produjo una sequía progresiva a lo largo del verano.

Determinaciones del balance de carbono mediante medidas intensivas de intercambio de gases a nivel de hoja.

Se realizaron medidas de fotosíntesis, respiración y transpiración a nivel de hoja en diferentes posiciones del dosel vegetal siguiendo el esquema de Escalona et al. (2003). Se distinguieron cinco zonas del dosel vegetal (Figura 1).

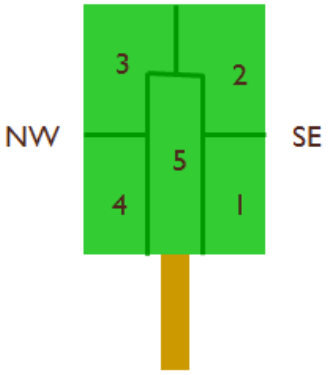


Figura 1. Esquema del dosel vegetal de la vid donde se muestran las 5 posiciones muestreadas para la obtención del balance de carbono a nivel de planta entera con medidas instantáneas a nivel de hoja de intercambio de gases.

En estas zonas se seleccionó una hoja representativa y se realizaron ciclos diarios de intercambio de gases juntamente con la estimación del área foliar de cada zona

(Sanchez de Miguel et al., 2011). Las medidas se realizaron en cinco momentos a lo largo de todo el día (8:30, 11:00, 13:00, 15:30, y 18:30) usando un medidor de intercambio de gases de sistema abierto (Li-6400; Li-Cor, Inc., Lincoln, NE, USA) con una cámara descubierta para medir en condiciones luz ambiente. Se midió en condiciones de CO_2 constante a 400 ppm y temperatura ambiente.

Estas medidas se llevaron a cabo en dos plantas por tratamiento en días de condiciones ambientales parecidas al que se realizó el ciclo con las cámaras de planta entera para obtener después la integral de carbono asimilado en cada posición y hora a lo largo del día y así después poder comparar los balances de carbono de ambos métodos.

Medidas de intercambio de gases a nivel de planta entera.

Para la realización de las medidas de intercambio de gases de la planta entera se construyeron y usaron las cámaras según las indicaciones de Perez-Peña y Tarara (2004). Brevemente, estas cámaras permiten crear un habitáculo en el que se encierra una planta entera y en que el aire se hace fluir a velocidad regulada manteniendo unas condiciones ambientales muy cercanas a las de exterior. Las cámaras presentan una estructura cilíndrica con la parte superior abierta y la parte inferior cerrada (Figura 1). Este tipo de cámara presenta una estructura rígida de aluminio que permite mantener un volumen constante (3.36 m^3). El tener un volumen constante facilita la medida de intercambio de gases ya que el viento no puede influir en el volumen de la cámara y mejora las prestaciones en referencia a otros sistemas cómo pueden ser los de Poni et al., (1997) o Dragoni et al. (2006). El plástico utilizado para mantener el volumen de la cámara y a la vez dejar pasar la luz tiene un grosor de 35µm y está formado de polipropileno (RXD32 Propafilm, Innovia Films Ltd. UK). Se ha comprobado que este plástico no es permeable al CO_2, la absorción de agua es mínima y la luz puede pasar a través de él manteniendo un espectro luminoso muy parecido al ambiente (García et al., 1990; Pérez-Peña y Tarara, 2004).

Para calcular la asimilación neta de CO_2 por parte de la planta (Net Carbon Exchange, NCE) se calcula como un sistema clásico de intercambio de gases abierto.

$$NCE = u_e \cdot (C_e - C_o) \qquad (1)$$

donde u_e es el flujo que entra en la cámara, y C_e y C_o son las concentraciones de CO_2 en la entrada y salida de la cámara.

El aire de entrada de la cámara se toma de una altura de 3 metros con una chimenea de aluminio (Figura 2) y es introducido dentro de la cámara con una turbina (S&P 500) la cuál trabaja a velocidad constante. El flujo se mide mediante un medidor de flujo, (Series 641 air Velocity Transmiter, Dwyer; Indiana, USA) antes de la entrada del aire en la cámara en la zona que presenta menos turbulencias. La muestra de aire para la determinación del CO_2 de referencia se recoge de la misma altura a la que está recogiendo la chimenea mientras que la muestra para la determinación del CO_2 de la cámara se toma en la parte superior de la cámara tras pasar por la planta, obteniendo valores cómo los que se observan en el la Figura 3A. Para recoger el CO_2 de referencia y el de la muestra se usa una bomba de aire (TD4x2 type NA; Braislford Pumps, USA) que inyecta el aire directamente al cabezal del medidor de intercambio de gases (Li-6400; Li-Cor, Inc., Lincoln, NE, USA). La temperatura dentro de la cámara también fue monitorizada y comparada con la ambiente obteniendo en general un aumento de temperatura del aire en

la cámara inferior a 2ºC. Estas cámaras se instalaron en las mismas plantas donde se realizaron las medidas intensivas de intercambio de gases en días diferentes con las mismas condiciones ambientales. Se mantuvieron dos cámaras por tratamiento.

A fin de comparar las dos metodologías de determinación del balance de carbono, se calcularon los balances de carbono en planta entera en el mismo intervalo de tiempo en que se hicieron las medidas intensivas a nivel foliar y se calcularon los gramos de carbono fijados por el intervalo de tiempo que comprende cada medida.

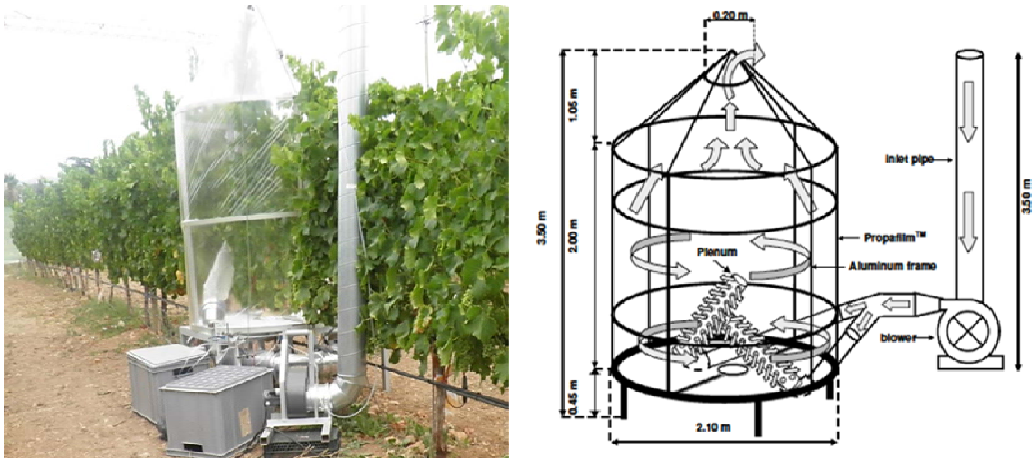


Figura 2. Foto y esquema de las cámaras utilizadas en este estudio para realizar las determinaciones del balance de carbono a nivel de planta entera.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se ha observado con las determinaciones de la eficiencia en el uso del agua las determinaciones habituales, en hoja, no siempre reflejan los valores obtenidos mediante medidas intensivas en planta entera, ni los deducidos mediante pesada al final de los experimentos (Medrano et al., 2012; Tomás et al., 2012). Por este motivo es importante invertir esfuerzos en determinar de la manera más precisa el intercambio de gases a nivel de planta entera. Los resultados muestran un diferencial entre la concentración de CO_2 dentro y fuera de la cámara que permite determinar con fiabilidad las tasas de asimilación (Figura 3), teniendo en las horas de elevada radiación solar un valor de 10 ppm de diferencia entre muestra y referencia y por la noche un valor de -2 ppm (Figura 3A). Con estas cámaras se pueden monitorizar los balances de CO_2 a nivel de planta entera durante el día y estimar con mucha más precisión el balance diario de carbono, ya que también por la noche se puede estimar la respiración, componente muy importante en los balances de carbono (Franck et al., 2011; Escalona et al., 2012). También es destacable que la cámara de planta entera responde con rapidez a las condiciones ambientales ya que es capaz de reflejar el efecto del aumento gradual de la intensidad luminosa en incrementos graduales de la asimilación neta de carbono a la mañana (Figura 3B).

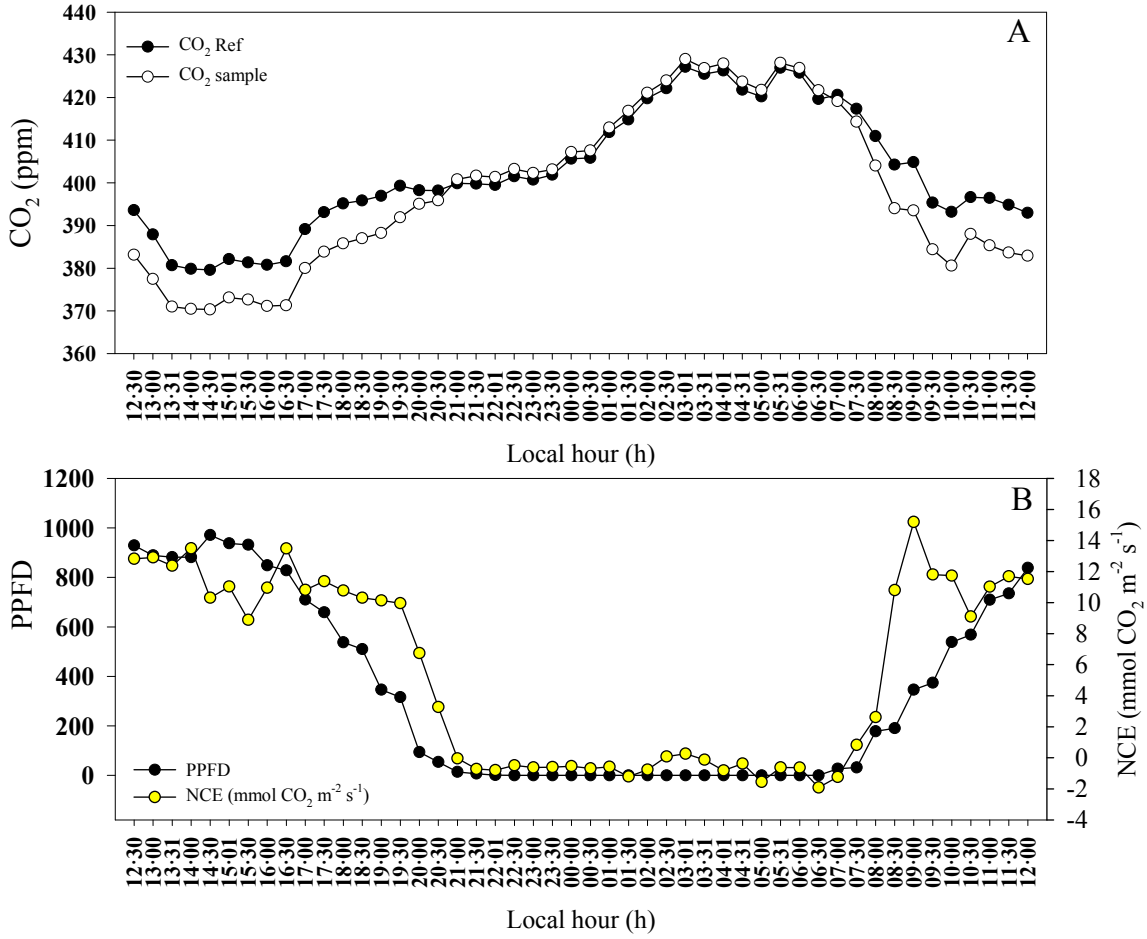


Figura 3: **A**) Evolución diaria de la medida de CO_2 de referencia y de la muestra que pasa a través de la planta con la cámara de planta entera. **B**) Variación de la intensidad luminosa (PAR) y la asimilación neta de carbono de la planta a lo largo del día.

Cuando se comparan las medidas intensivas a nivel de hoja con las de planta entera se observa como las de la cámara de planta entera no se alejan de las estimaciones obtenidas a partir de las medidas intensivas en ambos tratamientos (Figura 4). Esto indica que las cámaras son capaces de predecir valores similares a los obtenidos a partir de un trabajo intensivo a nivel de dosel vegetal en medidas de intercambio de gases. También se debe resaltar que la determinación del balance de carbono a partir de medidas intensivas en las diferentes partes del dosel vegetal pueden estar introduciendo errores (por ejemplo: estimación del área foliar, inclinación de las hojas en el momento de medida, respiración del tallo y el fruto, etc.). Aún así, los resultados son esperanzadores para incluir las cámaras de planta entera en nuevos ensayos para avanzar a nivel de planta en el balance de carbono e ir incrementando el conocimiento a nivel de cultivo. El uso de estas cámaras puede permitir un progreso considerable en la determinación en campo, en condiciones realistas de los balances de carbono en planta entera en vid. Se espera que en un futuro no muy lejano se pueda monitorizar estas cámaras de planta entera con un multiplexer de gases para obtener determinaciones de carbono neto asimilado en diferentes plantas a lo largo del día automáticamente.

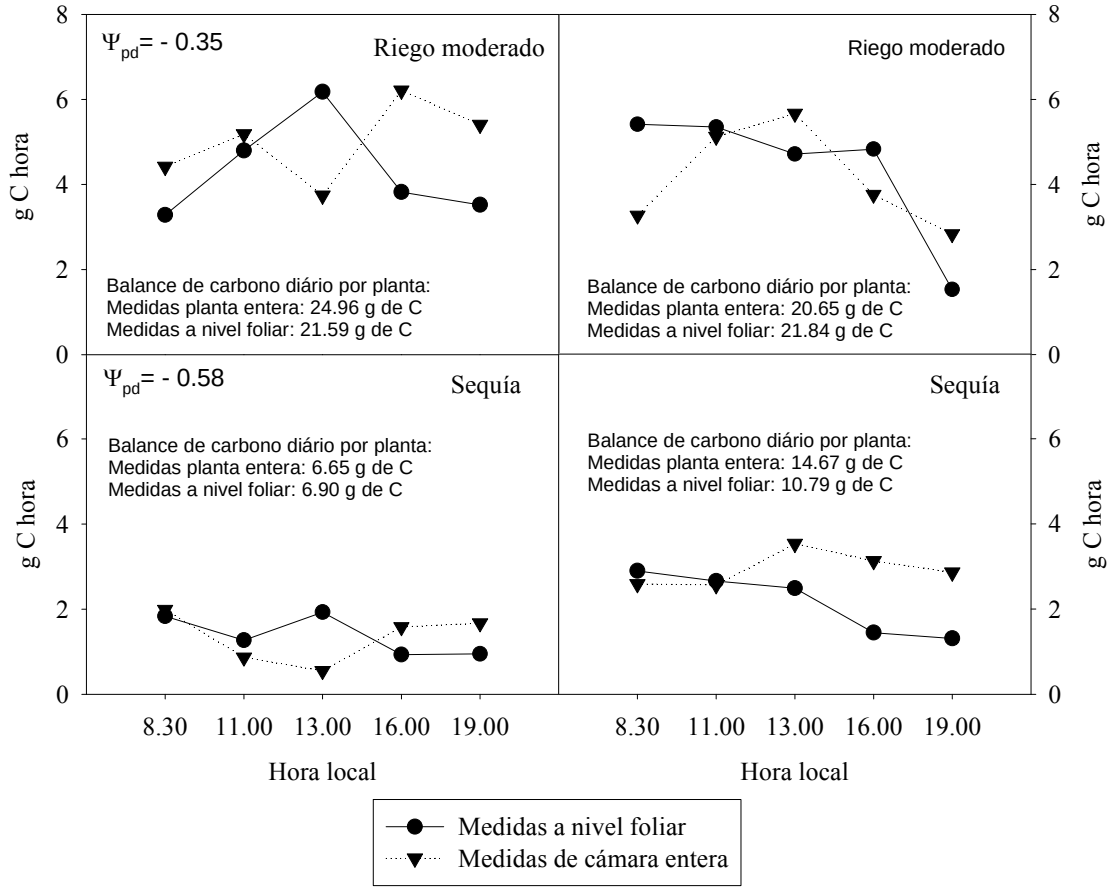


Figura 4. Evolución del carbono asimilado medido mediante medidas a nivel foliar (circulo) y usando las cámaras de planta entera (triangulo). Cada gráfico corresponde a las medidas realizadas en una planta y día de Julio. Ψ_{pd} (MPa) representa el potencial hídrico de amanecer al que se encontraban ambos tratamientos en el momento de medida.

CONCLUSIONES

Las cámaras de planta entera usadas en este experimento han sido capaces de obtener valores de asimilación de carbono muy cercanos a los medidos mediante las medidas a nivel foliar. El uso de estas cámaras permitirá obtener un análisis fino y con mucha precisión de lo que está ocurriendo a nivel de planta entera en la vid durante todo el día. La aplicación de estas cámaras promete ser una herramienta muy útil para llegar a obtener los balances de carbono a nivel de viñedo y tener una estima global de cuanto carbono puede estar fijando en condiciones de campo, así como para valorar los efectos del estatus hídrico y otros estreses bióticos y abióticos, el efecto de la variedad y otros.

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación recibida por el proyecto del Plan Nacional AGL2011-30408-C04-01, el asesoramiento del Dr. Pérez Peña (INTA, Argentina) y la ayuda proporcionada por el Sr. Pep Sastre (UIB) durante la construcción de las cámaras de planta entera.

Referencias

Dragoni, D., Lakso, A.N., Piccioni, R.M., Tarara, J.M. (2006). Transpiration of grapevines in the humid northeastern United States. American journal of enology and viticulture, 57, 460-467.

Escalona, J.M., Tomás, M., Martorell, S., Medrano, H., Ribas-Carbo, M., Flexas, J. (2012). Carbon balance in grapevines under different soil water supply: importance of whole plant respiration. Australian Journal of Grape and Wine Research, 18, 308-318.

Franck, N., Morales, J.P., Arancibia-Silva, A., Pastenes, C. (2011). Seasonal fluctuations in Vitis vinifera root respiration in the field. New Phytologist, 192, 939-951.

Garcia, R.L., Norman, J.M., McDermitt, D.K. (1990). Measurements of canopy gas exchange using an open chamber system. Remote Sensing Reviews, 5, 141-162.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2013). Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. http://www.ipcc.ch/

Medrano, H., Pou, A., Tomás, M., Martorell, S., Gulias, J., Flexas, J., Escalona, J.M. (2012). Average daily light interception determines leaf water use efficiency among different canopy locations in grapevine. Agricultural Water Management, 114, 4-10.

Miller, D.P., Howell, G.S., Flore, J.A. (1997). Influence of shoot number and crop load on potted Chambourcin grapevines. II: Whole-vine vs. single-leaf photosynthesis. Vitis-Geilweilerhof, 36, 109-114.

Pena, J.P., Tarara, J. (2004). A portable whole canopy gas exchange system for several mature field-grown grapevines. Vitis-Geilweilerhof, 43, 7-14.

Petrie, P.R., Trought, M.C., Howell, G.S., Buchan, G.D. (2003). The effect of leaf removal and canopy height on whole-vine gas exchange and fruit development of Vitis vinifera L. Sauvignon Blanc. Functional Plant Biology, 30, 711-717.

Poni, S., Magnanini, E., Rebucci, B. (1997). An automated chamber system for measurements of whole-vine gas exchange. HortScience, 32, 64-67.

Sánchez de Miguel, P., Junquera, P., de la Fuente, M., Jiménez, L., Linares, R., Baeza, P., Lisarrague, J.R. (2011). Estimation of vineyard leaf area by linear regression. Spanish Journal of Agricultural Research 9, 202-212.

Steduto, P., Çetinkökü, Ö., Albrizio, R., Kanber, R. (2002). Automated closed-system canopy-chamber for continuous field-crop monitoring of CO_2 and H_2O fluxes. Agricultural and Forest Meteorology, 111, 171-186.

Tarara, J.M., Peña, J.E.P., Keller, M., Schreiner, R.P., Smithyman, R.P. (2011). Net carbon exchange in grapevine canopies responds rapidly to timing and extent of regulated deficit irrigation. Functional Plant Biology, 38, 386-400.

Tomás, M., Medrano, H., Pou, A., Escalona, J.M., Martorell, S., Ribas-Carbó, M., Flexas, J. (2012). Water-use efficiency in grapevine cultivars grown under controlled conditions: effects of water stress at the leaf and whole-plant level. Australian Journal of Grape and Wine Research, 18, 164-172.

Propuesta de aplicación SIG para la gestión de parcelas vitícolas con software libre (II). Posibilidades de utilización como usuario colectivo

D.B. López Lluch*[1] y D.A. Aguilar Morales.

1 Escuela Politécnica Superior de Orihuela (Universidad Miguel Hernández de Elche).
Carretera de Beniel SN, Km. 3,2, 03312, Orihuela, Alicante.
*E-mail: david.lopez@umh.es

Resumen

Este trabajo presenta el desarrollo de una aplicación web basada en SIG para la gestión, mantenimiento y optimización de parcelas vitícolas desde el punto de vista de un gestor técnico (Denominación de Origen Protegida, cooperativa, etc), desarrollada a partir de Software Libre y/o gratuito. Se hace una descripción del funcionamiento y capacidades de la aplicación y se plantea el potencial de la tecnología desarrollada para técnicos que deban gestionar información procedente de parcelas de distintos propietarios. Los ejemplos se concretan en parcelas de la provincia de Alicante. La aplicación maneja información específica y personalizada según las necesidades de estas organizaciones (variedades, plagas, labores culturales, etc.). Permite la recopilación de información sobre las parcelas agrícolas de forma sencilla y rápida, sirviendo para la gestión y optimización de los controles de producción y calidad encargados a estas organizaciones. El software utilizado para el desarrollo ha sido Software Libre (SL) salvo API (Application Programming Interface) de Google Maps, que no es SL pero permite su uso de forma gratuita conforme a su licencia. Los programas utilizados para el desarrollo han sido Netbeans IDE, Crunch y HeidiSQL: Para el testeo de la aplicación se ha creado un servidor local de forma que se pudiera ir probando el programa conforme se iba desarrollando; para ello se ha utilizado XAMP. El software de ejecución es el software instalado en el servidor HP DL320e pero trabajando sobre Linux. Como software complementario se ha utilizado el programa Filezilla. La aplicación ha sido desarrollada usando el sistema LAMP (Linux-Apache-MySql-PHP).

Palabras clave: SIG, Software Libre, gestión, viticultura, DOP.

INTRODUCCIÓN

Los Consejos Reguladores de las Denominaciones de Origen Protegidas (D.O.P.) son los encargados de gestionar la certificación, promoción y gestión de los vinos en dicha Denominación. Del mismo modo, los técnicos de cooperativas vitivinícolas deben organizar la producción de la superficie que poseen los socios. Para la gestión de su actividad la ayuda de medios tecnológicos puede ser un factor a tener en cuneta decisiva. Así, surge la necesidad de este trabajo cuya finalidad es proporcionar a los técnicos de las D.O.P. y de las cooperativas las herramientas necesarias para realizar la gestión y la optimización de las explotaciones vitícolas sujetas a su supervisión.

El presente trabajo describe el desarrollo de una aplicación diseñada para gestionar la información procedente de las explotaciones amparadas por las D.O.P. y cooperativas. Se centra en aquellos aspectos y funcionalidades que realmente son necesarios y utilizados por los técnicos de la D.O.P. y cooperativa).

OBJETIVO

El objetivo general de esta comunicación es presentar el desarrollo de un software capaz de proporcionar a los responsables del control de la calidad y de la producción (técnicos de DOP y técnicos de cooperativas) los recursos y herramientas necesarios para la gestión y manejo de esa información.

CARACTERÍSTICAS DEL DESARROLLO TECNÓLOGICO

Para la elaboración de la aplicación objeto del presente Trabajo se ha procurado utilizar recursos y herramientas gratuitas o al menos, de coste cero, de forma que se garantizara la viabilidad del desarrollo de la aplicación. Los detalles de desarrollo se describen en la primera parte de la comunicación (López-y Aguilar, 2014).

Veamos algunas de las posibilidades que ofrece el programa. En primer lugar, tenemos el ACCESO IDENTIFICADO COMO ADMINISTRADOR. El registro es siempre bajo el rol de usuario. La única forma de crear un usuario administrador es accediendo directamente a la base de datos, y asignando allí el rol de administrador. La pantalla de inicio como administrador es diferente a la mostrada en el acceso como usuario no administrador (Figura 1). En este caso, lo que se muestra son todos los municipios que tienen parcelas en el sistema, y como se reparten, en porcentaje la superficie de parcelas administradas.

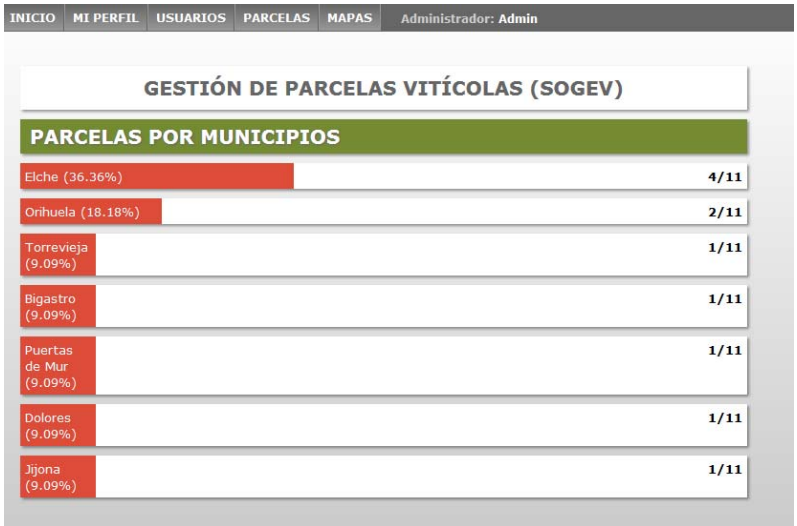


Figura 1. Página de inicio en modo administrador.

La Gestión de usuarios, nos permite buscar usuarios y las parcelas que administran. Podemos obtener información directa sobre cada usuario (viticultor). La aplicación dispone de un buscador, que nos permitirá filtrar resultados en función del nombre, apellidos y la dirección de e-mail. Por defecto, los resultados se ordenarán de mayor a menor, en función del número de parcelas administradas, mostrando aquellos usuarios con mayor número de parcelas en las primeras posiciones.

Para obtener la información de un usuario en concreto, posaremos el puntero del ratón sobre el usuario (y se coloreará en verde), y hacemos clic. Se nos muestra la información del usuario y las parcelas que gestiona con la información básica de éstas.

Ahora, podemos ver la información de la parcela en cuestión, haciendo clic sobre ella (como muestra la flecha roja) (Figura 2).

Figura 2. Información de un usuario concreto.

Pulsando en el enlace Parcelas del menú superior, podemos acceder al listado de todas las parcelas que hay en el sistema. Se muestran las parcelas con la información: Nombre de la parcela; Municipio donde está ubicada; Variedad de uva cultivada y Superficie cultivada. Las parcelas aparecen ordenadas, de mayor superficie a menor superficie, y la aplicación dispone de un filtro por municipio que nos permitirá mostrar las parcelas que hay en un municipio o en todos (opción por defecto) (Figura 3).

Figura 3. Listado de parcelas.

Podemos acceder a la información de las parcelas desde dos puntos de la aplicación diferentes. Desde la sección Usuarios, donde podemos ver las parcelas de los usuarios, y hacer clic sobre ellas, y desde la sección Parcelas, donde listamos todas las parcelas del sistema y podemos, igualmente, hacer clic sobre ellas y acceder a su información. Sólo tenemos acceso a la información, no podemos modificarla (Figura 4).

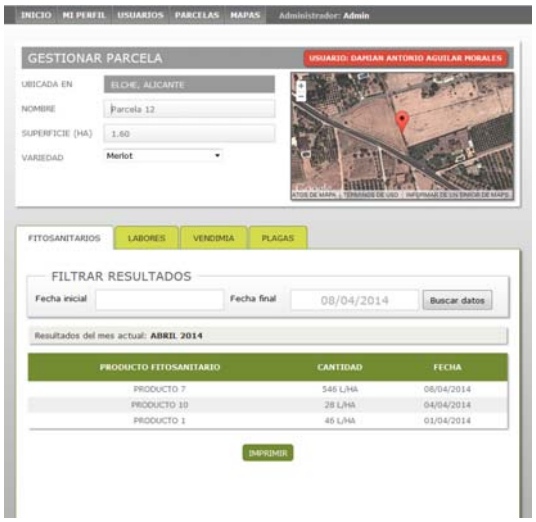


Figura 4. Gestión de parcelas.

La última opción del menú superior es la de Mapas. Podemos obtener información de forma gráfica de todo el sistema pudiendo ver qué zonas han sido vendimiadas, la distribución de plagas, o los niveles de rendimiento. Para ello, la aplicación añade capas de información a Google Maps, accediendo a la información que se almacena en la base de datos de la aplicación. Un sistema de filtros nos permitirá obtener aquella información que necesitemos para realizar nuestros análisis (Figura 5).

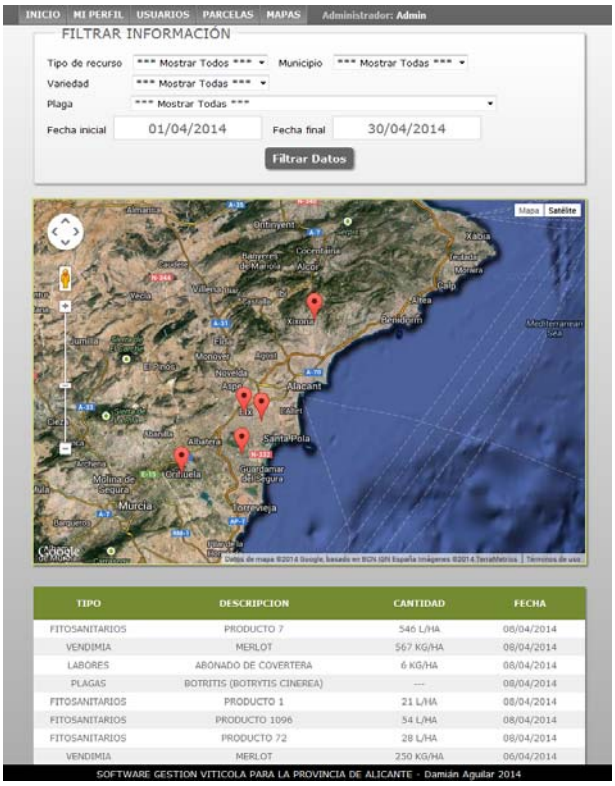


Figura 5. Información de forma geo-referenciada.

Por ejemplo, para mostrar las vendimias realizadas en el mes de Abril, para la variedad Tempranillo, lo haríamos como muestra la Figura 6.

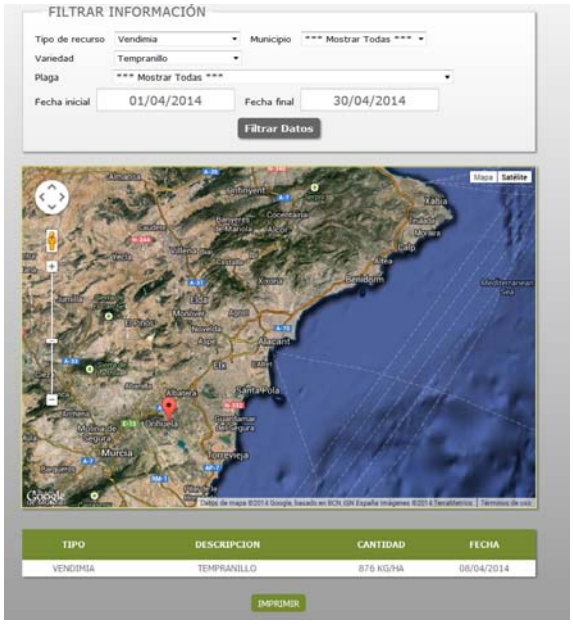


Figura 6. Mostrando información de vendimia en Abril para la var. Tempranillo.

El sistema, nos muestra la información de modo gráfico, y en forma de tabla. Sólo hay una entrada que coincide con nuestros parámetros de búsqueda. El sistema, también nos permite imprimir la información obtenida.

Si por el contrario, buscásemos las aplicaciones fitosanitarias realizadas en el mes de Abril, obtendríamos el resultado que nos muestra la Figura 7.

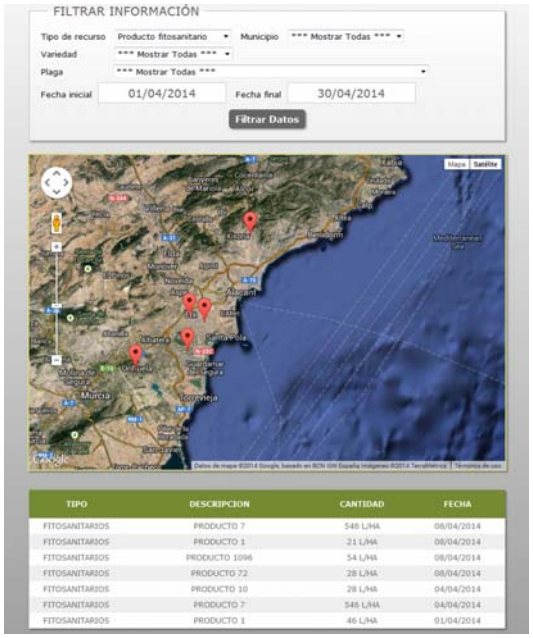


Figura 7. Mostrando información de aplicaciones fitosanitarias durante el mes de Abril.

En este caso, los resultados son mayores, y se pueden apreciar en el mapa los diferentes marcadores, indicando la ubicación de las parcelas donde se han producido aplicaciones fitosanitarias.

CONSIDERACIONES FINALES

La utilización de las nuevas tecnologías en el sector agrícola ofrece unas posibilidades enormes para la gestión y optimización de los recursos y procesos. La aplicación web cuyo desarrollo se describe en la presente comunicación, proporciona información decisiva sobre las parcelas y su gestión permitiendo así su posterior estudio, optimización e inventariar parcelas, producciones, calidades a nivel de un territorio. Del mismo modo, proporciona información que sirve para cumplir con las exigencias derivadas de la legislación vigente. Es una herramienta poderosa, con grandes opciones de configuración y que se vuelve cada vez más eficaz conforme se le van suministrando datos al sistema.

Referencias

Camps Paré, R. (2002). Bases de datos. Editorial UOC, pp 40.

Davis, B.E. (2001). GIS: A Visual approach. Onword Press, 439 pp.

Eslava Muñoz, V.J. (2013). El nuevo PHP paso a paso. http://www.bubok.es, pp 187.

Fernández Montoro, A. (2011). Cambiate a Linux. RC Libros, 188 pp.

Gibson, R., Erle, S. (2006). Google Maps Hacks. O'Reilly Media, pp 370.

Laurie, B., Laurie, P. (2009). Apache: The Definitive Guide, 3rd Edition. O'Reilly Media, pp 590.

López Lluch, D.B.; Aguilar Morales, D. (2014) Propuesta de Aplicación SIG para la Gestión de Parcelas Vitícolas con Software Libre (I). Posibilidades de Utilización como Usuario. I Jornadas del Grupo de Viticultura de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Logroño, (La Rioja), 19 y 20 de noviembre

Llobet Azpitarte, R., Alonso Jordá, P., Devesa Llinares, J., Miedes De Elías, E., Ruiz Fuertes, M.I., Torres Goterris, F. (2009). Introducción a la Programación Orientada a Objetos con Java. Departamento de Sistemas Informáticos y Computación. Universidad Politécnica de Valencia, pp 204.

Peña Llopis, J. (2006). Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio (3a edición). Editorial Club Universitario, 310 pp.

El ratio isotópico del carbono (δ13C) como método de integración a posteriori del estado hídrico del viñedo

L.G. Santesteban*, C. Miranda, I. Urretavizcaya y J.B. Royo.

Departamento de Producción Agraria, Universidad Pública de Navarra, Campus Arrosadia, 31006, Pamplona (Navarra). *E-mail: gonzaga.santesteban@unavarra.es

Resumen

La proporción relativa que existe en un tejido vegetal de los dos isótopos estables del carbono (^{12}C y ^{13}C) está relacionada con las condiciones bajo las que ocurría la fotosíntesis durante su formación. Desde su introducción en la experimentación vitivinícola a principios de la década pasada, el estudio de esta proporción (expresada como ratio isotópico, $\delta^{13}C$) ha experimentado un creciente interés. En el caso del $\delta^{13}C$ de las bayas, se ha demostrado que está estrechamente relacionado con las condiciones de estrés hídrico que se producen durante el verano y, particularmente, con las del periodo envero-vendimia. El objetivo de este trabajo es presentar los resultados obtenidos para este parámetro en la variedad Tempranillo, a partir de la información obtenida en distintos ensayos a cuatro escalas: (i) un ensayo en el que se valoraban tres dosis de riego, (ii) una parcela de secano en la que existían diferencias de estado hídrico como consecuencia de la variabilidad del suelo; (iii) 26 parcelas de una explotación vitícola (>90 ha de Tempranillo); y (iv) puntos de muestreo ubicados en más de 300 viñedos distribuidos por La Rioja y Navarra pertenecientes a la red de parcelas VitMod. En todos los casos quedó claro el potencial integrador del $\delta^{13}C$, lo que hace muy recomendable su introducción en trabajos relacionados con la fisiología del cultivo, con la gestión hídrica, la modelización y la viticultura de precisión.

Palabras clave: potencial hídrico, metodología, variabilidad intra- e inter-parcelar.

INTRODUCCIÓN

La variación en el ratio entre dos isótopos de un elemento en un material determinado respecto al valor medio del mismo en el conjunto del planeta, es consecuencia de la ocurrencia de una discriminación isotópica a favor de uno de ellos. La mayor parte del carbono se encuentra en la naturaleza en forma de ^{12}C (98,93%), mientras que el ^{13}C representa un 1,07%. Sin embargo, en los tejidos vegetales, se observa que la proporción de ^{13}C es menor que en el CO_2 atmosférico, lo que indica que en la fotosíntesis, cuando se incorpora el CO_2 atmosférico en la planta, se produce una discriminación de carbono. Las causas de esta discriminación a nivel fisiológico son dos: (i) la mayor afinidad de la enzima encargada de la fijación de CO_2 (RuBisCO) por el $^{12}CO_2$ que por el $^{13}CO_2$ y, (ii) que la velocidad de difusión del $^{13}CO_2$ en el interior de las hojas (mesófilo) es menor que la del $^{12}CO_2$ (Farquhar et al., 1989).

Dado que el $\delta^{13}C$ del CO_2 atmosférico es relativamente estable, la huella isotópica de un tejido vegetal es un buen indicador de las condiciones en las que se ha desarrollado la actividad fotosintética durante su formación. Así, se ha comprobado que cuando las plantas experimentan un déficit hídrico, se produce un cierre estomático y la discriminación isotópica se reduce dado que (i) la proporción relativa de $^{13}CO_2$ en el

interior de la hoja aumenta conforme la del sustrato preferido por la RuBisCO ($^{12}CO_2$) disminuye, y (ii) que el efecto de difusión pierde importancia al no haber renovación de aire en la cavidad subestomática. Como consecuencia, es habitual observar que las bayas de las cepas que han sido sometidas a un déficit hídrico mayor, presenten valores de $\delta^{13}C$ mayores que las plantas no estresadas (Gaudillere et al., 2002; De Souza et al., 2003; De Souza et al., 2005; Van Leeuwen et al., 2009; Santesteban et al., 2011; Santesteban et al., 2012). El objetivo de este trabajo es presentar los resultados obtenidos en distintos ensayos a cuatro escalas para este parámetro en la variedad Tempranillo.

RESPUESTA DEL $\delta^{13}C$ ANTE MODIFICACIONES DE LA DOSIS DE RIEGO

La respuesta del $\delta^{13}C$ ante cambios en la dosis de riego se valoró a partir de información tomada en el periodo 2010-2013 en una explotación vitícola localizada en Traibuenas (Navarra, 42º22' N; 1º37' W; 340 m s.n.m.). Para ello, se consideraron tres viñedos de Tempranillo/110 Richter que diferían en las propiedades del suelo. El sistema de conducción en los tres viñedos es cordón Royat bilateral, y su marco de plantación 3 x 1 m. Las diferencias mesoclimáticas entre los mencionados viñedos pueden considerarse despreciables. En cada uno de los tres viñedos, se aplicaron tres estrategias de riego: NI (sin riego), SI (riego estándar, siguiendo las pautas de riego de la propiedad, que consistían en aproximadamente 32 L por cepa a la semana) y riego doble (DI, el doble de la aportación realizada en SI). Además de realizar una valoración completa de los efectos de las dosis de riego sobre el crecimiento, el rendimiento y la calidad, se realizó un seguimiento del estado hídrico de las cepas mediante la medida del potencial hídrico xilemático a media mañana (Ψs-m) y a mediodía (Ψs-n) dos veces por semana mediante una cámara de Scholander. En vendimia, se determinó el $\delta^{13}C$ en muestras de 100 bayas tomadas al azar, molidas tras ser secadas en estufa.

En la Figura 1 se representa la relación entre los valores de $\delta^{13}C$ y los valores medios de potencial hídrico (Ψs-m y Ψs-n) y se comprueba que dicha relación es muy buena, sobre todo sí se considera únicamente el estado hídrico medio durante el periodo comprendido entre envero y vendimia e indica que, efectivamente, el valor de $\delta^{13}C$ medido en bayas de 'Tempranillo' en vendimia, integra muy bien cuál ha sido el estado hídrico del cultivo a lo largo de la campaña, y se confirma que dicho valor puede utilizarse como un indicador de estrés a posteriori.

VARIABILIDAD INTRA-PARCELAR EN UN VIÑEDO DE SECANO

En un viñedo de secano de 4,2 ha, ubicado en Leza (Rioja alavesa, 42º33'22'' N, 2º 38' 07''W, 572 m s.n.m.). La variedad es Tempranillo, se plantó en 1993 y las cepas están formadas en vaso a un marco de 2,4 x 1,2 m. Para el estudio se estableció una red de muestreo formada por 60 puntos siguiendo una retícula regular de, aproximadamente, 30 x 30 m. En cada uno de los puntos de la red se marcaron 15 cepas (cinco cepas en tres filas contiguas), y durante las campañas 2010 y 2011, se realizó un seguimiento estándar del crecimiento vegetativo y se valoró la producción y la calidad de la cosecha. Además, en vendimia, se determinó también el $\delta^{13}C$ en los 60 puntos de la red siguiendo la metodología descrita en el apartado anterior. La información de $\delta^{13}C$ se georreferenció, y se elaboraron mapas (Figura 2) que permitieron valorar la variabilidad y la distribución espacial de este parámetro. Además, en 2010, en 9 de los puntos de muestreo se midió una vez por semana el potencial hídrico xilemático a media mañana (Ψs-m) y a mediodía (Ψs-n). Los mapas de variabilidad (Figura 2) muestran que ésta es relativamente alta

dentro de la parcela los dos años de estudio, y que las diferencias intra-parcelares para este parámetro rondaron alrededor del 6 ‰, lo que – de acuerdo a la relación observada entre $\delta^{13}C$ y Ψs-n en esta misma parcela (Figura 3) – se corresponde con una diferencia al mediodía de más de 0,8 MPa. Por otra parte, también se observa que los valores de $\delta^{13}C$ del año 2011, en el que las precipitaciones fueron menores, fueron menos negativos que en el 2012.

VARIABILIDAD ENTRE PARCELAS DE UNA EXPLOTACIÓN VITÍCOLA

El cambio de escala que supone pasar de un solo viñedo a una explotación vitícola se estudió en una finca de 140 ha ubicada en Olite (Navarra, 42º25'4"N, 1º40'48"W, 340 m s.n.m.). El estudio se centró en la variedad Tempranillo que estaba implantada en 26 de las parcelas, todas ellas adyacentes y que, en conjunto, representaban alrededor de 90 ha. Dichas parcelas se habían clasificado previamente considerando la altitud, la conductividad eléctrica aparente del suelo (ECa), y el índice vegetativo NDVI (*Normalized Differential Vegetation Index*) adquirido mediante un sensor multiespectral aerotransportado y, mediante análisis clúster, se habían distinguido tres clases. Durante la campaña 2008, se localizaron 64 puntos constituidos por 15 cepas repartidos de forma regular por todo el viñedo y, en cada uno, en el momento de vendimia, se determinó la producción, la calidad de la cosecha y el $\delta^{13}C$. En la Figura 4 se muestra la relación entre el peso medio de la baya de cada punto y el valor de $\delta^{13}C$. Se observa que este último parámetro explica más del 38% ($P<0.001$) de la variabilidad del peso de la baya, lo cual es muy de destacar si se tiene en cuenta que entre los puntos que se reparten en las 90 ha existen muchas diferencias en lo concerniente a la profundidad del suelo, a la pendiente, a la orientación, al marco de plantación, a la edad e, incluso, al portainjerto utilizado. Estos resultados confirman la validez del parámetro $\delta^{13}C$ como estimador de la variabilidad a nivel de toda una explotación.

VARIABILIDAD A NIVEL REGIONAL

Nuestro equipo de investigación también ha estudiado la variabilidad que puede encontrarse en el parámetro $\delta^{13}C$ a nivel regional. Para ello se utilizó la información recopilada en el conjunto de más de 300 viñedos de la variedad Tempranillo integrados dentro de la red de parcelas VitMod, que se repartían por toda las subzonas de La Rioja Alta y de Navarra, y en las que durante el periodo 2008-2010, se realizó un seguimiento intensivo con el objeto de modelizar el comportamiento del viñedo de esa zona. Desde el punto vista climático, se diferenciaron 5 zonas (la zona 1 es la más fresca y la 5ª la más cálida).

En la Figura 5a se representan los valores medios de $\delta^{13}C$ en cada zona climática y se observa que hay una buena correspondencia entre dichos valores y las características climáticas. Las uvas procedentes de las zonas más frescas (1ª y 2 ª), muestran valores más altos que las de las más cálidas (3ª-5ª). Es destacable que el valor medio de $\delta^{13}C$ es más negativo en la zona 4ª que en la 5ª lo cual se explica por el hecho de que la totalidad de los viñedos analizados en esta zona están en regadío y se compensa el déficit hídrico mediante aportaciones de agua en verano, mientras que muchos de los viñedos de la zona 4ª estaban en secano y por tanto, a pesar de que el clima era más fresco, estaban sometidas a un estrés mayor. En la Figura 5b se representan los valores medios de $\delta^{13}C$ de cada año del estudio y, como en el caso anterior, se comprueba una buena correspondencia con las circunstancias climáticas de manera que el valor mayor, se

observa el año 2008 que, como ya se ha dicho, fue el más fresco y lluvioso durante el ciclo de la vid.

CONCLUSIÓN

En todos los casos ha quedado claro el potencial integrador del $\delta^{13}C$, lo que hace muy recomendable su introducción en trabajos relacionados con la fisiología del cultivo, con la gestión hídrica, la modelización y la viticultura de precisión. Además, desde el punto de vista de aplicación en el sector vitivinícola, el $\delta^{13}C$ podría utilizarse para estimar el estado hídrico que ha experimentado un viñedo que no se ha visitado, permitiendo discriminar aquéllos en los que haya sido excesivamente alto o bajo.

Agradecimientos

Los trabajos incluidos en esta publicación han sido financiados por el Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) mediante el proyecto BACAVID (Ref: AGL2011-30408-C04-03) y por el Departamento de Innovación, Industria y Empleo del Gobierno de Navarra (MODELVID, Ref: IIM11879.RI.1).

Referencias

De Souza, C.R., Maroco, J.P., Dos Santos, T.P., Rodrigues, M.L., Lopes, C., Pereira, J.S., Chaves, M.M. (2003). Partial rootzone drying: regulation of stomatal aperture and carbon assimilation in field-grown grapevines. Functional Plant Biology, 30, 653-662.

De Souza, C.R., Maroco, J.P., Dos Santos, T.P., Rodrigues, M.L., Lopes, C.M., Pereira, J.S., Chaves, M.M. (2005), Impact of deficit irrigation on water use efficiency and carbon isotope composition of field-grown grapevines. J. Experimental Botany, 56, 2163-2172.

Farquhar, G.D., Ehleringer, J.R., Hubick, K.T. (1989). Carbon isotope discrimination and photosynthesis. Annual Review of Plant Biology, 40, 503-537.

Gaudillere, J.P., Van Leeuwen, C., Ollat, N. (2002). Carbon isotope composition of sugars in grapevine, an integrate indicator of vineyard water status. J. Experimental Botany, 53, 757-763.

Santesteban, L.G., Miranda, C., Royo, J.B. (2011). Regulated deficit irrigation effects on growth, yield, grape quality and individual anthocyanin composition in *Vitis vinifera* L. cv. 'Tempranillo'. Agricultural Water Management, 98, 1171-1179.

Santesteban, L.G., Miranda, C., Urretavizcaya, I., Royo, J.B. (2012). Carbon isotope ratio of whole berries as an estimator of plant water status in grapevine (Vitis vinifera L.) cv. 'Tempranillo'. Scientia Horticulturae, 146, 7-13.

Van Leeuwen, C., Tregoat, O., Chone, X., Bois, B., Pernet, D., Gaudillere, J.P. (2009). Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, 43, 121-134.

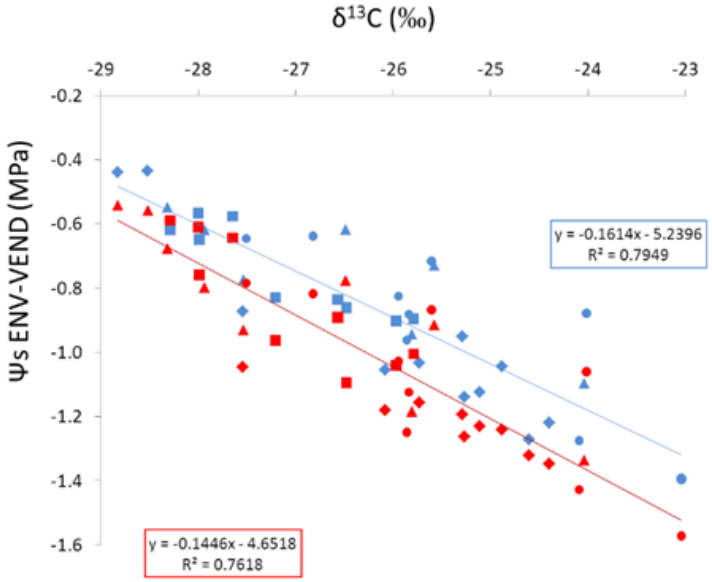


Figura 1. Relación entre el ratio isotópico de las bayas en vendimia (δ13C) y el potencial hídrico medio en el periodo envero-vendimia. Los datos representados en azul y rojo se corresponden, respectivamente, con los valores medios de potencial hídrico (Ψs) a media mañana y a mediodía; y proceden de cuatro campañas, 2010 (rombos), 2011 (círculos), 2012 (triángulos) y 2013 (cuadrados).

(a) (b)

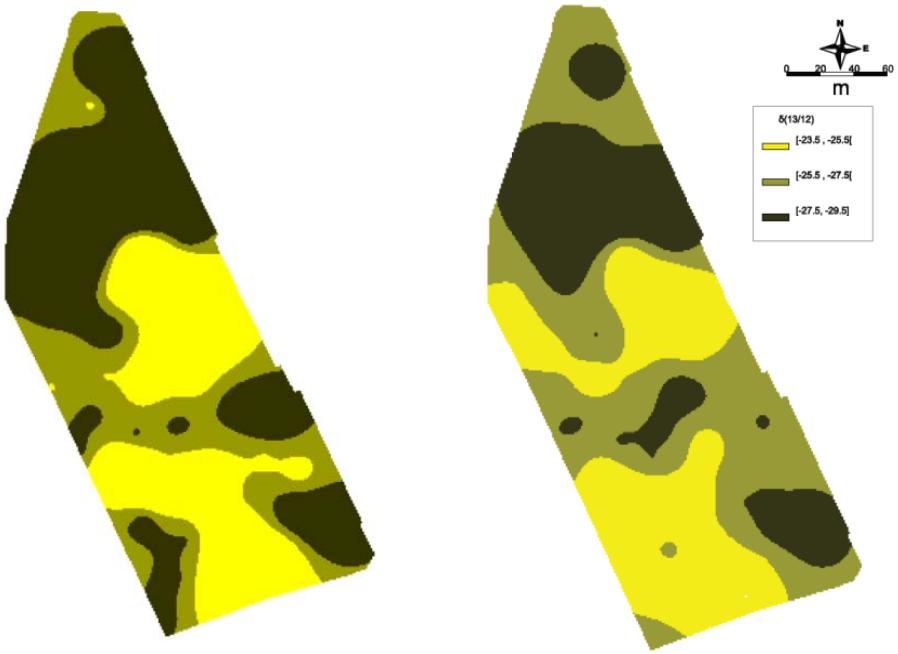


Figura 2. Mapas que representan la variabilidad intra-parcelar observada para $\delta^{13}C$ en el viñedo de secano situado en Leza. (a) 2010, (b) 2011.

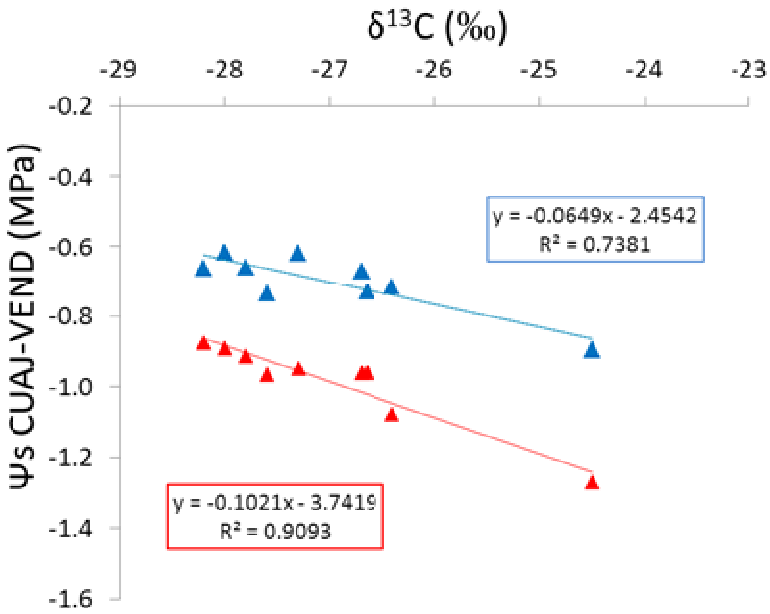


Figura 3. Relación entre el ratio isotópico de las bayas en vendimia ($\delta^{13}C$) y el potencial hídrico medio (Ψs) en el periodo cuajado-vendimia para la parcela de secano. Los datos representados en azul y rojo se corresponden, respectivamente, con los valores medios de potencial hídrico a media mañana y a mediodía.

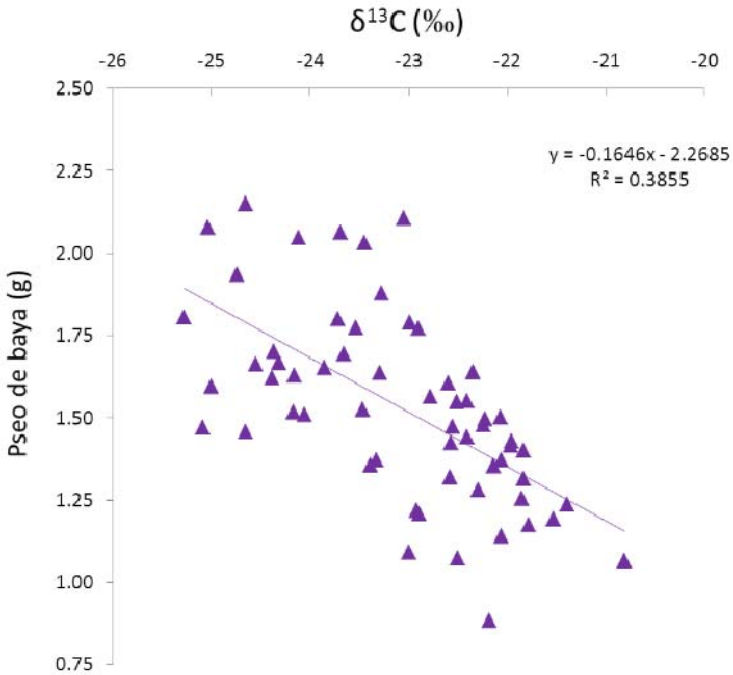


Figura 4. Relación entre el ratio isotópico del carbono ($\delta^{13}C$) en vendimia y el peso de las bayas en dicha fecha. Los datos se corresponden con 64 puntos de muestreo distribuidos por el conjunto de una explotación de 90 ha de la variedad Tempranillo.

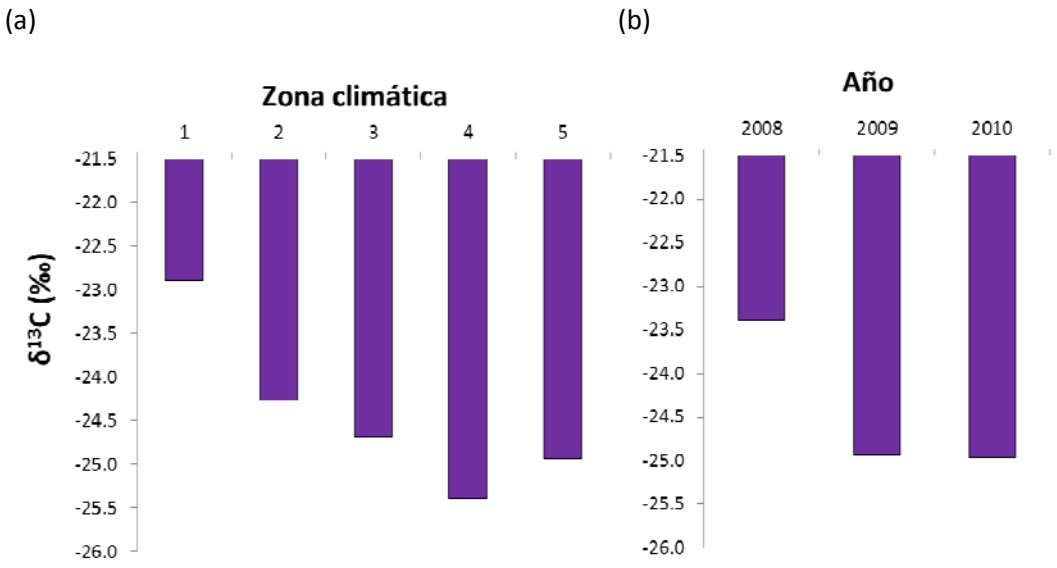


Figura 5. Correspondencia de (a) la zona climática y (b) del año con los valores medios de $\delta^{13}C$ observados en vendimia en las parcelas de la variedad Tempranillo de la red VitMod.

Relación positiva entre antocianos y vigor en añadas cálidas

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

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

Resumen

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

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

INTRODUCCIÓN

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

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

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

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

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

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

Caracterización climática

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

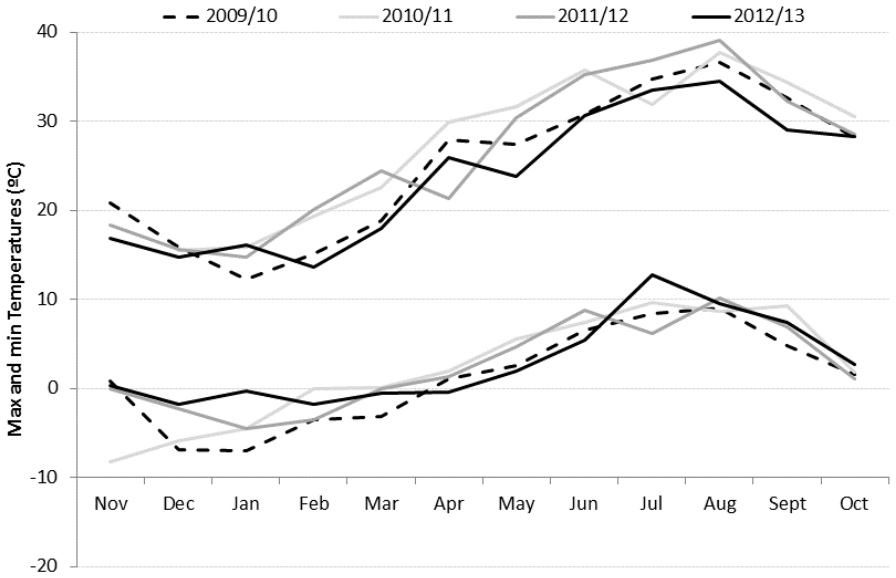


Figura 1. Temperaturas máximas y mínimas en los cuatro años de estudio.

Mapas de NDVI

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

Vegetación, componentes del rendimiento y composición de las uvas

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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

De acuerdo con estas consideraciones, el escenario a que conduce el cambio climático es a la producción de uvas con contenidos elevados en azúcares pero carentes de una madurez fenólica acorde. La actividad enzimática de las rutas de síntesis de los azúcares se produce en un intervalo de temperatura amplio, de18 a 33ºC, mientras que en las rutas de síntesis de pigmentos coloreados ese intevalo es más restringido, de 17 a 26ºC (Iland y Gago 2002; Sadras et al., 2007). El calentamiento global parece beneficiar a viñedos de regiones más septentrionales, m ientras que en las templado-cálidas asistimos a un desajuste entre la madurez tecnológica de las uvas y aquella otra que valora también componentes tan importantes para la calidad como los compuestos fenólicos y aromáticos (Schultz y Jones 2010).

CONCLUSIÓN

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

Referencias

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

Bergqvist, J., Dokoozlian, N., Ebisuda, N. (2001). Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the central San Joaquin Valley of California. Am. J. Enol. Vitic., 52,1-7.

Cortell, J.M., Halbleib, M., Gallagher, A.V., Righetti, T.L., Kennedy, J.A. (2007). Influence of vine vigor on grape (Vitis vinifera L. cv. Pinot Noir) anthocyanins. 1. Anthocyanin concentration and composition in fruit. J. Agric. Food Chem., 55, 6575-6584.

de la Fuente, M., Linares, R., Baeza, P., Lissarrague, J.R. (2007). Efecto del sistema de conducción en climas semiáridos sobre la maduración, composición de la baya y la exposición de los racimos en *Vitis vinifera*. L. cv. Syrah. Acta CONCLIVIT, 2007, 1, 132-38.

Filippetti, I., Allegro, G., Valentini, G., Pastore, C., Colucci, E., Intrieri, C. (2013). Influence of vigour on vine performance and berry composition of cv. Sangiovese (Vitis vinifera L). J. Int. Sci. Vigne Vin., 47, 21-33.

Fiorillo, E., Crisci, A., De Filippis, T., Di Gennaro, S.F., Di Blasi, S., Matese, A., Primicerio, J., Vaccari, F.P., Genesio, L. (2012). Airborne high-resolution images for grape classification, changes in correlation between technological and late maturity in a Sangiovese vineyard in Central Italy. Aust. J. Grape Wine Res., 18, 80-90.

Hall, A., Louis, J., Lamb, D. (2003). Characterising and mapping vineyard canopy using highspatial resolution aerial multispectral images. Comput. Geosci., 29(7), 813-822.

Haselgrove, L., Botting, D., van Heeswijck, R., Hoj, P., Dry, P., Ford, C., Iland, P. (2000). Canopy microclimate and berry composition, the effect of bunch exposure on the phenolic composition of *Vitis vinifera* L. Cv Shiraz grape berries. Aust. J. Grape Wine Res., 6,141-149.

Iland, P., Gago, P. (2002). Australia Wines, Styles and Tastes. Campbell town, South Australia. Patrick Iland Wine Promotions.

IPCC: Climate Change (2013). The Physical Science Basis. EnWorking Group I Contribution to the IPPC Fifth Assessement Report. 2013.

Kliewer, W.M., Dokoozlian, N.K. Leaf Area/Crop Weight Ratios of Grapevines: Influence on Fruit Composition and Wine Quality. Am. J. Enol. Vitic., 56, 170-181.

Kliewer, W.M., Lider, L.A., Schultz, H.B. (1967). Influence of artificial shading of vineyards on the concentration of sugar and organic acids in grapes. Am. J. Enol. Vitic., 18, 78-86.

Lamb, D.W., Weedon, M.M., Bramley, R.G.V. (2004). Using remote sensing to predict phenolics and colour at harvest in a Cabernet Sauvignon vineyard. Timing observations against vine phenology and optimising image resolution. Aust. J. Grape Wine Res., 10, 46-54.

Martínez-Casasnovas, J.A., Agelet-Fernandez, J., Arnó, J., Ramos, M.C. (2012). Analysis of vineyard differential management zones and relation to vine development, grape maturity and quality. Span. J. Agric. Res., 10(2), 326-337.

Mori, K., Goto-Yamamoto, N., Kitayama, M., Hashizume, K. (2007). Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature. J. Exp. Bot., 58, 1935–1945.

Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering D.W., Harlan, J.C. (1974). Monitoring the vernal advancements and retrogradation of natural vegetation. NASA/GSFC Final Report, Greenbelt, MD, 371.

Sadras, V.O., Stevens, R.M., Pech, J.M., Taylor, E.J., Nicholas, P.R., McCarthy, M.G. (2007). Quantifying phenotypic plasticity of berry traits using an allometric-type approach: a case study on anthocyanins and sugars in berries of Cabernet Sauvignon. Aust. J. Grape Wine Res., 13, 72–80.

Schultz, H.R., Jones, G.V. (2010). Climate Induced Historic and Future Changes in Viticulture. J. Wine Res., 21(2), 137-145.

Spayd, S.E., Tarara, J.M., Mee, D.L., Ferguson, J.C. (2002). Separation of sunlight and temperature on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. Am. J. Enol. Vitic., 53, 171-182.

Tisseyre, B., Mazzoni, C., Fonta, H. (2008). Whithin-field temporal stability of some parameters in viticulture: Potential toward a site specific management. J. Int. Sci. Vigne Vin, 42, 27-39.

Estimación de los componentes del racimo mediante análisis de imagen

M.P. Diago*[1], J. Tardaguila[1], N. Aleixos[2], M. Prats-Montalbán[3], B. Millán[1], S. Cubero[4], J. Blasco[4].

1 Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (Universidad de La Rioja, CSIC, Gobierno de La Rioja). C/ Madre de Dios 51, 26006, Logroño, La Rioja (Spain).
*E-mail: mpaz.diago.santamaria@gmail.com
2 Instituto Interuniversitario de Investigación en Bioingeniería y Tecnología Orientada al Ser Humano. Un. Politècnica de València. Camino de Vera s/n, 46022 Valencia (Spain).
3 Grupo de Ingeniería Estadística Multivariante. Dpto. de Estadística e IO Aplicadas y Calidad. Univ. Politècnica de València. Camino de Vera s/n, 46022, Valencia (Spain).
4 Centro de Agroingeniería. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Ctra. Moncada-Náquera km 5, 46113, Moncada, Valencia (Spain).

Resumen

El peso de baya, así como el número de bayas y peso del racimo son parámetros fundamentales en la estimación del rendimiento en la industria vitivinícola y de uva de mesa. En la actualidad, los métodos utilizados para estimar y predecir el rendimiento productivo del viñedo son destructivos, lentos, y requieren elevada cantidad de mano de obra. En este trabajo se presenta una nueva metodología, basada en el análisis de imagen, para determinar los componentes del racimo de forma rápida y económica.

Se fotografiaron racimos de siete variedades de uva (*Vitis vinifera* L.) distintas en condiciones de laboratorio y se determinaron los componentes del racimo de forma manual después de la adquisición de imágenes. El tratamiento de las imágenes incluyó el desarrollo de dos algoritmos basados en las estrategias de Canny y LIP (Logarithmic Image Processing) para encontrar los contornos de las bayas, como paso previo a la detección de las mismas mediante la Transformada de Hough. Asimismo, se comparó la capacidad de los algoritmos desarrollados utilizando una única imagen por racimo o cuatro imágenes por racimo, obtenidas de diferentes orientaciones. Los mejores resultados (R^2 entre 69%-95% en detección del número de bayas por racimo, y R^2 entre 65%-97% en la estimación del peso de racimo) se obtuvieron utilizando cuatro imágenes por racimo y aplicando el algoritmo de Canny. Asimismo, la capacidad del modelo basado en análisis de imagen para predecir el peso de baya fue 84%.

La novedosa metodología desarrollada y presentada en este trabajo ha permitido la estimación de los components del racimo de forma rápida y económica, en comparación con los métodos manuales actuales.

Palabras clave: *Vitis vinifera* L., peso del racimo, número de bayas por racimo, peso de baya, Transformada de Hough.

Sesión Técnica 3:

El agrosistema vitícola sostenible. *Terroir* y adaptación a un escenario de cambio climático.

Moderadora:

Felicidad de Herralde Travería
(IRTA)

Un nuevo enfoque sobre la adaptación de las variedades al cambio climático: el desacoplamiento entre antocianos y azúcares de la uva

J. García, P. Balda, J.C. Sancha y F. Martínez de Toda*.

1 ICVV (Universidad de La Rioja, CSIC, Gobierno de La Rioja). C/Madre de Dios, 51, 26006, Logroño (La Rioja). *E-mail: fernando.martinezdetoda@unirioja.es

Resumen

En condiciones climáticas cálidas, las variedades tintas alcanzan concentraciones de azúcar más que suficientes para la obtención de vinos de alta calidad pero, frecuentemente, no ocurre lo mismo con el color. Esta relativa estabilidad de los azúcares en comparación con la plasticidad de los antocianos se debe a los diferentes rangos de temperatura para la óptima actividad de los enzimas productores de azúcares (18 a 33ºC) y productores de pigmentos (17 a 26ºC). Concretamente, temperaturas superiores a 30ºC pueden inhibir la formación de antocianos. La tendencia hacia el aumento de temperatura, como consecuencia del calentamiento climático, acentúa el desacoplamiento entre antocianos y azúcares de la baya y tiende a producir vinos muy alcohólicos. Con el objetivo de buscar genotipos ya existentes y más aptos para producir vinos de bajo contenido alcohólico abordamos, en este trabajo, el estudio de las variedades minoritarias de la DOCa Rioja. Queremos conocer el posible desacoplamiento entre los niveles de antocianos y el grado probable de la uva en las distintas variedades minoritarias. Para ello, analizamos la concentración de azúcar en el inicio del envero de las diferentes variedades. El material vegetal sometido a estudio se encontraba en el Banco de Germoplasma de Variedades Minoritarias de Rioja, ubicado en la finca institucional del Gobierno de La Rioja "La Grajera", en Logroño.

Las variedades minoritarias tintas de la DOCa Rioja con menor concentración de azúcar en el inicio del envero fueron Garnacha Tintorera, Moristel y Trepat y las que presentaron mayor concentración de azúcar fueron Merenzao, Garnacha Tinta y Mandón. No existe ninguna relación entre la fecha de envero y la concentración de azúcar de la uva en ese momento.

Palabras clave: calentamiento climático, desacoplamiento antocianos/azúcares, grado alcohólico.

INTRODUCCIÓN

Durante toda la historia de la viticultura el objetivo principal ha sido incrementar el grado de alcohol probable de la uva producida; no hay que olvidar que la uva se ha valorado y pagado siempre en función, exclusivamente, de dicho parámetro y que, incluso hoy, se sigue valorando el grado probable de forma prioritaria en la mayor parte de las situaciones vitícolas.

Pero, en los últimos años, se está produciendo un cambio substancial en el concepto y la importancia del grado probable de la uva. Nuestro viñedo produce fácilmente uva con un elevado grado de alcohol probable. La selección clonal ha procurado clones más adecuados para ese objetivo ya que es uno de los principales criterios con los que se ha seleccionado tradicionalmente el material vegetal. Las técnicas

vitícolas también se han orientado siempre hacia una maduración general más completa. Además de esta evolución histórica general, en los últimos años se ha acentuado este efecto sobre el incremento del grado probable debido a dos causas que actúan de forma sinérgica; por un lado, el denominado cambio climático ha favorecido, de forma natural, la maduración de la uva y, por otro, las últimas tendencias hacia vinos más estructurados y potentes han hecho que se retrase la fecha de vendimia, a veces excesivamente, con el objetivo de conseguir una maduración fenólica más completa.

En efecto, durante las últimas décadas, estamos asistiendo, por un lado, a un adelanto progresivo de la maduración de la uva y, por otro, a una tendencia a vendimiar en la fase de sobremaduración. Esta tendencia, que afecta a todos los viñedos del mundo, conduce a la elaboración de vinos con mayor contenido en alcohol y cuyos valores de pH son cada vez más elevados. Una proporción significativa de los vinos tintos alcanza 14-16º de alcohol con valores de pH en torno a 4.

En condiciones climáticas cálidas, las variedades tintas alcanzan concentraciones de azúcar más que suficientes para la obtención de vinos de alta calidad pero, frecuentemente, no ocurre lo mismo con el color. Esta relativa estabilidad de los azúcares en comparación con la sensibilidad de los antocianos ante la temperatura se debe a los diferentes rangos de temperatura para la óptima actividad de las enzimas productores de azúcares (18 a 33º C) y productores de pigmentos (17 a 26 ºC) (Iland y Gago, 2002; Sadras et al., 2007). Concretamente, temperaturas altas (> 30ºC) después del envero pueden inhibir la formación de antocianos (Mori et al., 2007).

Varios estudios indican que la tendencia hacia una mayor temperatura propicia la disminución de los antocianos y el aumento de los azúcares de la uva, con consecuencias sobre el color y el grado alcohólico de los vinos tintos (Sadras y Morán, 2012).

Aunque existen diferentes técnicas enológicas como, por ejemplo, la desalcoholización o la utilización de cepas de levaduras seleccionadas que pueden producir un contenido de alcohol inferior en el vino, resulta muy interesante tratar de reducir el nivel de azúcar directamente en la baya, es decir, actuando desde la viticultura. El objetivo sería conseguir, desde el viñedo y de forma natural, una uva más equilibrada, de calidad suficiente y con un menor contenido en azúcares.

Son varios los estudios que demuestran un adelanto fenológico de la vid, en los últimos años, en todas las zonas vitícolas (Jones et al., 2005; Duchene y Schneider, 2005) haciendo coincidir el período de maduración de la uva con temperaturas más altas (Webb et al., 2007, 2008). También existen abundantes estudios que utilizan diferentes índices de temperatura para predecir importantes cambios en el espectro varietal (Kenny y Harrison, 1992; Schultz, 2000; Stock et al., 2005).

Entre las estrategias, para mitigar el efecto del cambio climático desde el establecimiento del viñedo, se destaca, la ubicación del viñedo, ya que se consigue uva con menor contenido en azúcar desde la plantación.

En relación con el portainjerto, destacan portainjertos seleccionados en Australia para producir uva para vino de bajo contenido alcohólico. Un ejemplo de su efecto potencial está dado por los genotipos de la serie Merbein que en comparación con patrones tradicionales son capaces de estimular la mejora de color y compuestos fenólicos en aproximadamente un 20 % en la uva Shiraz vendimiada con un nivel de madurez inferior en 1,5 º Brix al habitual (Clingeleffer, 2007).

La búsqueda de nuevas variedades de uva que se caractericen por una baja acumulación de azúcar en la baya, un sabor óptimo y suficiente color requiere mucho tiempo. Trabajos realizados en Australia han dado lugar a la obtención de una variedad, que en comparación con Cabernet Sauvignon alcanzó mayor rendimiento, mejor composición química y mejores atributos sensoriales; es el caso de la variedad Cienna, lanzada en 2000 como más adecuada para la producción de vino de baja graduación alcohólica (Clingeleffer, 2007).

También es interesante la búsqueda de genotipos naturales, ya existentes, más aptos para producir vino de bajo contenido alcohólico.

El objetivo de este trabajo consiste en estudiar, en todas las variedades minoritarias tintas de la DOCa Rioja, la concentración de azúcar que presentan en el inicio del envero para conocer si existen diferencias significativas entre ellas y su mayor o menor adaptación para la obtención de vino de menor grado alcohólico.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal

La experiencia se ha realizado durante el año 2013, en el Banco de Germoplasma de variedades minoritarias de Rioja, localizado en La Grajera, Logroño.

En este Banco de Germoplasma están preservadas las variedades recuperadas en las distintas zonas de La Rioja (Martínez de Toda, 2004). Está integrado por sesenta y ocho accesiones de las que se han seleccionado las diecisiete variedades minoritarias tintas para este estudio que aparecen en la Tabla 1.

La parcela está conducida en espaldera con doble cordón horizontal y las prácticas culturales aplicadas son las típicas de la Denominación de Origen Rioja, destacando las condiciones de regadío y la carga de 12 yemas por cepa.

Análisis de la uva

Se realizaron visitas periódicas durante los meses de agosto y septiembre a la parcela La Grajera, para determinar el inicio del envero (comienzo de la síntesis de antocianos) en cada una de las variedades a estudiar y realizar el muestreo en ese mismo instante.

Una vez determinado de forma visual el inicio del envero en cada una de las parcelas se procedió al muestreo de bayas; las bayas fueron elegidas al mínimo síntoma de envero (una parte de la baya coloreada), en distintas cepas y el número de repeticiones fue de veinte bayas. En cada una de las veinte bayas se determina la concentración de azúcares (º Brix) mediante un refractómetro digital.

Análisis estadístico

El análisis estadístico realizado consiste en el análisis de varianza y separación de las medias mediante la prueba de Student-Newman-Keuls, utilizando el paquete estadístico SPSS 15.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestra la fecha de inicio del envero de las diferentes variedades minoritarias tintas estudiadas en la parcela de La Grajera durante la añada 2013:

Tabla 1. Fecha de inicio del envero de las distintas variedades tintas de la DOCa Rioja en la parcela de La Grajera.

Variedad	Fecha de inicio de envero
Bobal	22 de agosto
Cinsaut	23 de agosto
Garnacha ¿tinta?	26 de agosto
Garnacha Tintorera	26 de agosto
Graciano	26 de agosto
Mandón	22 de agosto
Maturana Tinta	22 de agosto
Merenzao	23 de agosto
Morate	2 de septiembre
Moristel	1 de septiembre
Portugieser Blau	21 de agosto
Tempranillo	22 de agosto
Tinto Velasco	26 de agosto
Trepat	26 de agosto
Desconocida 1	28 de agosto
Desconocida 2	22 de agosto
Vidadillo	1 de septiembre

En la Figura 1 se representa gráficamente la concentración de azúcar en el inicio del envero para las diferentes variedades minoritarias estudiadas.

Como se observa en la Figura 1, entre las distintas variedades minoritarias estudiadas existen diferencias significativas en la concentración de azúcar en el inicio de la síntesis de antocianos por lo que las variedades que contienen un menor contenido en azúcar se pueden considerar como material vegetal mejor adaptado para mitigar el efecto del cambio climático. Las variedades con mayor concentración de azúcar en el inicio del envero son Merenzao, Garnacha tinta, Mandón y Graciano. Las variedades con menor concentración de azúcar, en ese momento, son Garnacha Tintorera, Moristel y Trepat. Estas últimas variedades serían las mejor adaptadas ante la tendencia al calentamiento climático.

También se observa que no existe ningún tipo de relación entre la fecha de inicio de la síntesis de antocianos y la concentración de azúcar en ese momento para las diferentes variedades. Así pues, en cuanto a la adaptación al calentamiento climático de las distintas variedades, parece más interesante considerar el nivel de azúcar en el inicio del envero que la fecha en la que se produce dicho envero.

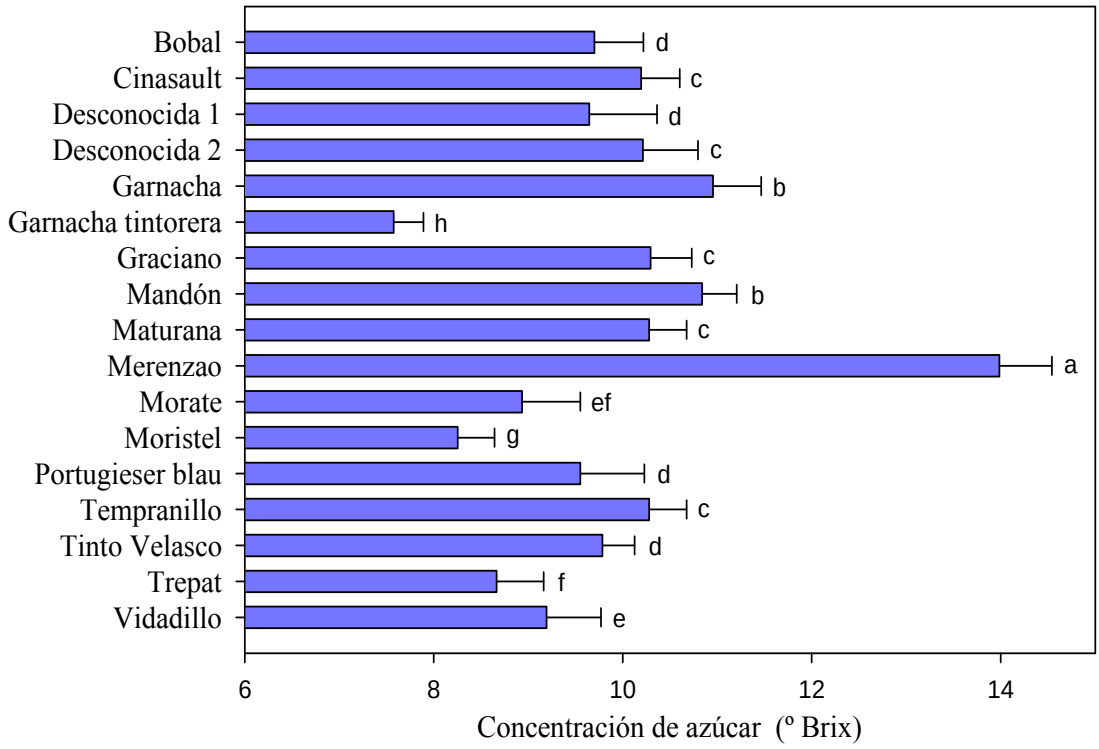


Figura 1. Concentración de azúcar en el inicio del envero de las diferentes variedades minoritarias tintas estudiadas. Diferentes letras representan diferencias significativas de acuerdo con la prueba SNK (P=0,05).

CONCLUSIONES

Existen diferencias significativas entre las variedades minoritaritas tintas de la DOCa Rioja en lo que respecta a la concentración de azúcar en el inicio del envero. Las variedades con menor concentración de azúcar, en ese momento, son Garnacha Tintorera, Moristel y Trepat. Estas variedades serían las mejor adaptadas ante la tendencia al calentamiento climático. Además, conviene destacar que no existe relación entre la concentración de azúcar en el inicio del envero y la fecha a la que se produce dicho inicio de envero.

Referencias

Clingeleffer, P.R. (2007). Viticultural practices to moderate wine alcohol content Proceedings ASVO Seminary Towards best practice through innovation in vinery processing. Tanunda (SA), Australia, 17 October.

Duchêne, E., Schneider, C. (2005). Grapevine and climatic changes: a glance at the situation in Alsace, Agron. Sust. Dev., 25, 93–99.

Iland, P., Gago, P. (2002). Australia wines. Styles and tastes. Patrick Iland Wine Promotions, Campbelltown, South Australia.

Jones, G.V., Duchêne, E., Tomasi, D., Yuste, J., Braslavska, O., Schultz, H.R., Martinez, C., Boso, S., Langellier, F., Perruchot, C., Guimberteau, G. (2005). Changes in European winegrape phenology and relationships with climate. Proc. XIV GESCO Symposium, Vol. I, Geisenheim, Germany. pp. 55–61.

Kenny, G.J., Harrison, P.A. (1992). The effects of climate variability and change on grape suitability in Europe. J. Wine Res., 3, 163-183.

Martínez de Toda, F. (2004). Variedades minoritarias de vid en la DOCa. Rioja. Ed. Gobierno de La Rioja, 180 pp.

Mori, K., Goto-Yamamoto, N., Kitayama, M., Hashizume, K. (2007). Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature. J. Exp. Bot., 58, 1935-1945.

OIV, 2013. Compendium of international methods of analysis of wines and musts. OIV, Paris.

Sadras, V.O., Moran, M.A. (2012). Elevated temperature decouples antocyanins and sugars in berries of Shiraz and Cabernet Franc. Aust. J. Grape Wine Res., 18, 115-122.

Sadras, V.O., Stevens, R.M., Pech, J.M., Taylor, E.J., Nicholas, P.R., McCarthy, M.G. (2007). Quantiying phenotypic plasticy of berry traits using an allometric-type approach: a case estudy on anthocyanins and sugars in berries o Cabernet Sauvignon Aust. J. Grape Wine Res., 13, 72-80.

Schultz, H.R. (2000). Climate change and viticulture: a European perspective on climatology, carbon dioxide and UV-B effects. Aust. J. Grape Wine Res., 6, 2–12.

Stock, M., Gerstengarbe, F.W., Kartschall, T., Werner, P.C. (2005). Reliability of climate change impact assessments for viticulture. Acta Horticulturae, 689, 29–39.

Webb, L.B., Whetton, P.H., Barlow, E.W.R. (2007). Modelled impact of future climate change on the phenology of grapevines in Australia. Aust. J. Grape Wine Res., 13, 165-175.

Webb, L.B., Whetton, P.H., Barlow, E.W.R. (2008). Climate change and wine grape quality in Australia. Climate Research, 36, 99–111.

Detección de diferentes zonas productivas en un viñedo de DOCa Rioja mediante el estudio detallado del suelo y el comportamiento de la viña

R. Pérez-Parmo*[1], A. Miguel[2], J. Kortabarria y A. Aizpurua[1].
1 NEIKER (Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario). C/ Berreaga, 1, 48160, Derio (Bizkaia). *E-mail: rperezparmo@neiker.net
2 ARTUKE Bodegas y Viñedos. C/La Serna, 24. 01307 Baños de Ebro (Araba/Álava).

Resumen

El suelo es un recurso natural que posee una gran biodiversidad, y es uno de los factores que afecta de un modo importante al desarrollo del viñedo. Por ello ampliar el conocimiento de la relación entre el suelo y el crecimiento de la viña favorece un mejor manejo vitícola, puesto que permite diferentes estrategias de gestión geográfica del potencial productivo del viñedo. El objetivo de este trabajo fue establecer diferentes zonas en cuanto a producción y calidad en una parcela de Tempranillo de la DOCa Rioja, en base al comportamiento vegetativo y su relación con las propiedades del suelo. Para ello la empresa Wide World realizó mapas de NDVI en envero a partir de imágenes aéreas en una parcela de ARTUKE Bodegas y Viñedos. A partir de la información obtenida se separaron tres zonas según el crecimiento vegetativo: alto, medio y bajo, en las cuales se localizaron tres parcelas de diez cepas cada una, sobre las cuales se recogieron datos de expresión vegetativa, producción y calidad del mosto, durante las campañas 2011, 2012 y 2013. Se estudiaron cuatro calicatas que fueron descritas y cuyas muestras fueron analizadas. La zona con el suelo menos profundo y una menor densidad de raíces presentó producciones menores que la zona de vigor más alto, y diferencias incluso más acentuadas en cuanto a expresión vegetativa. Además registró un tamaño de baya claramente inferior al resto de las zonas. El único parámetro cualitativo que no mostró la misma tendencia según las zonas seleccionadas todos los años fue el grado alcohólico probable. El mayor valor de grado, se obtuvo en la zona de mayor vigor el primer año de estudio y en el área de menor crecimiento vegetativo los dos años posteriores. En general, la acidez total tartárica se relaciona positivamente con el vigor de la parcela. Por otra parte tanto el índice de polifenoles totales como el índice de color, contenido de antocianos y taninos en mosto fueron más altos zona de menor vigor frente al resto de la parcela. Las diferencias productivas y de calidad son muy altas incluso en parcelas pequeñas de viñedo. El mayor conocimiento de las causas que originan estas diferencias permite una mejor toma de decisiones en el manejo del viñedo según el objetivo productivo.

Palabras clave: Zonificación, grado alcohólico, intensidad color, antocianos, polifenoles.

INTRODUCCIÓN

Un mayor conocimiento del viñedo y de los suelos en que se asienta permite una mejor adaptación de las prácticas agronómicas y una óptima clasificación de las distintas calidades de uva. De este modo se obtiene el máximo partido de lo que el medio ofrece, y además la oportunidad de explorar nuevos productos de prestigio a ser posible de un mayor valor añadido y que mejoren las rentas de las explotaciones agrícolas. Para este fin existen actualmente herramientas denominadas de precisión que nos ofrecen información

muy detallada de las parcelas. En este sentido, la utilización de fotografías aéreas o imágenes de satélite de tipo multiespectral se utiliza para recoger la variabilidad que presenta el tamaño, forma y vigor de las cepas (Tisseyre et al., 2007). Esta técnica permite determinar las propiedades vegetativas de una gran superficie de viñedo en muy poco tiempo (Hall et al., 2003), que junto a medidas específicas de campo y laboratorio, permite tener una idea de la producción y de la calidad, puesto que estos tres factores están muy relacionados entre sí. El empleo de estas técnicas de teledetección, como un medio de realizar un seguimiento de las características de desarrollo de la parte aérea de la viña, está teniendo cada vez un mayor interés debido a que actualmente existen datos disponibles a unos precios realmente competitivos (Hall et al., 2003).

Los mapas de suelo a escala de detalle, aun no suponiendo una tecnología de precisión, si son una herramienta fundamental de cara al establecimiento de distintas zonas de manejo o de producción dentro de un viñedo. En este sentido, cuando en Francia se han estudiado los tres principales componentes del "terroir", suelo, clima y cultivar (Van Leeuwen et al., 2004), han comprobado que el impacto del clima y suelo sobre la composición de las bayas y sobre el comportamiento del vino fue mayor que el provocado por la variedad. Parece que el efecto de las dos primeras puede tener origen en su influencia sobre la intensidad de estrés hídrico que soporta la cepa.

Aunando las dos técnicas citadas: por un lado la cartografía de suelos como base sobre la que se asienta el viñedo y que condiciona el funcionamiento del viñedo, y por otra parte la teledetección como herramienta de evaluación de la parte aérea del viñedo, se consigue un conocimiento exhaustivo del medio.

El objetivo de este trabajo fue establecer diferentes zonas productivas y cualitativas en una parcela de Tempranillo de la DOCa Rioja, en base al comportamiento vegetativo y su relación con las propiedades del suelo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en la parcela denominada "El Portillo" perteneciente a ARTUKE Bodegas y Viñedos y se sitúa en Samaniego (Álava). Se trata de un viñedo de 0,97 ha en vaso en secano, plantado en 1980 a un marco de 2,30 x 1,25 m, con cepas de la variedad Tempranillo injertadas sobre el portainjerto 161-49 Couderc. La empresa Wide World, en 2011 y 2012, adquirió y procesó imágenes multiespectrales en fechas cercanas al envero para obtener un mapa de NDVI de la parcela. A partir de la misma se clasificó la parcela en tres zonas en función del vigor (Figura 1). En cada una de las zonas descritas se realizó una descripción de suelo detallada mediante la realización de calicatas. Además, en cada una de las zonas se establecieron tres parcelas con 10 cepas cada una, donde se realizaron las siguientes medidas: peso de poda, producción de uva, peso de la baya, grado alcohólico probable, acidez total tartárica, índice de polifenoles totales, color, y contenido de antocianos y taninos, del mosto obtenido. Estas medidas se llevaron a cabo en los años 2011, 2012 y 2013. Se llevaron acabo análisis de varianza para evaluar las diferencias de los parámetros medidos en las tres zonas clasificadas, y cuando el modelo era significativo se llevó a cabo la separación de medias según el método Duncan, empleándose para ello el programa SAS (Version 9.0; SAS Institute Inc., 1988).

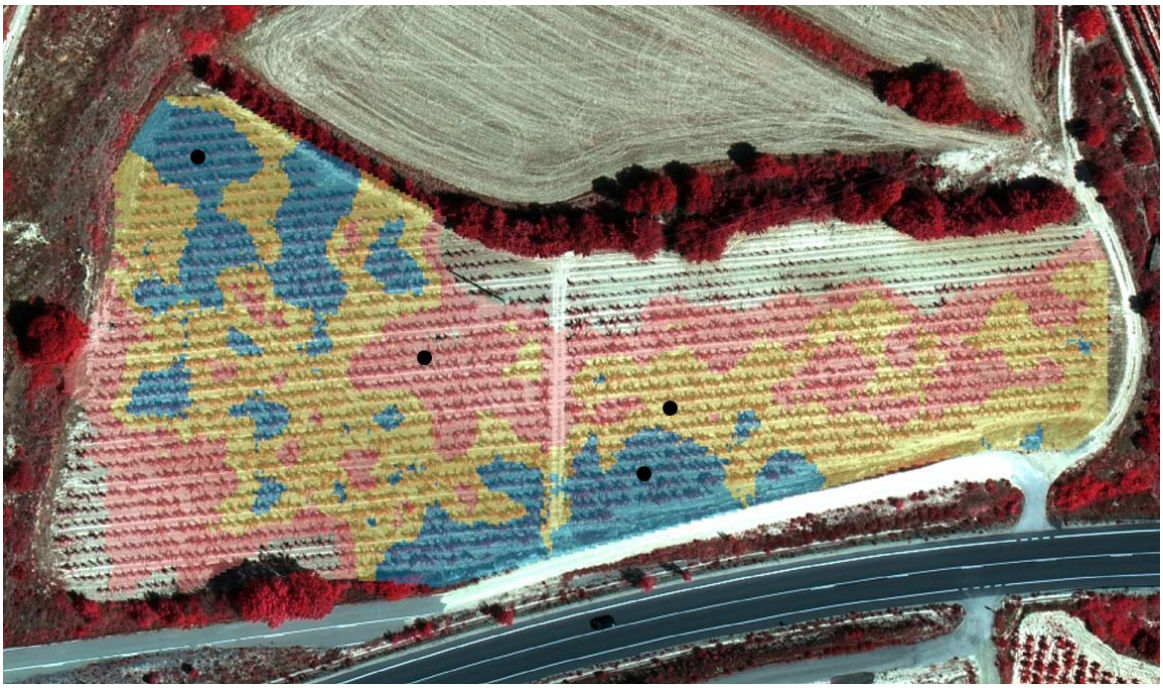


Figura 1. Mapa de NDVI obtenido en Agosto de 2012 de la parcela El Portillo. La zona azul corresponde a la zona de vigor alto, la zona amarilla a la zona de vigor medio y la zona roja a la zona con el menor vigor. Los puntos negros de la imagen señalan la ubicación de las calicatas realizadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general los suelos descritos en la parcela tienen pHs altos (8,8-9,2) y un fuerte carácter calizo (38-55% de Carbonatos y 9-16% de Caliza activa) en sus horizontes. De hecho en todas las calicatas se observan acumulaciones de carbonatos secundarios a partir de 45-60 cm. En la calicata de la zona de NDVI Bajo (color rojo), se observa que la textura del suelo, en todos sus horizontes, es mucho más pesada que en el resto de la parcela (Franco-arcillo-limosa en horizonte de 0-17 cm y Arcillo-limosa en el resto), debido a unos niveles muy altos de limo (50-52%) y arcilla (39-47%) y por tanto contenidos de arena muy bajos (entre 1-11%). La textura de las calicatas de NDVI Medio y Alto es Francas o Franco-arcillosas en todos sus horizontes, presentando niveles mucho más altos de arena (29-48%) y más moderados en limo (24-48%) y arcilla (15-33%).

El material de partida de este suelo de NDVI Bajo es una lutita que da lugar a esas granulometrías más finas, y eso hace que el desarrollo radicular se vea más dificultado. Lógicamente un menor desarrollo radicular da lugar a un menor crecimiento de la planta que es lo que evidencian las imágenes obtenidas. Además en este suelo la profundidad es menor (65 cm de profundidad, frente a más de 100 y 120 cm en las otras calicatas), sin embargo cabe destacar que la mayoría de raíces se encuentran en los primeros 60-65 cm en todos los casos. En el caso de los suelos de la zona de vigor alto e intermedio las diferencias no son tan notables en cuanto a los suelos. La parte izquierda (Figura 1) de la zona de vigor alto recibe más agua en algunos períodos del año ya que se encuentra situado junto a la ladera de la montaña colindante, lo cual puede provocar que aumente la disponibilidad hídrica de la planta, y ello puede condicionar tanto el crecimiento como la producción y la calidad.

La cantidad de biomasa aérea producida medida según el peso de poda indica que el establecimiento de distintas zonas en la parcela según la intensidad de crecimiento vegetativo en función del mapa de NDVI está en consonancia con el crecimiento real de la planta (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados de producción, poda y calidad del mosto en las tres zonas de vigor establecidas en el ensayo de la parcela El Portillo. Años 2011, 2012 y 2013.

		Zonas de NDVI			
		Alto (azul)	**Medio (amarillo)**	**Bajo (rojo)**	**G.S. (1)**
Peso madera de poda *(kg.cepa^{-1})*	**2011**	1,10 a	0,47 b	0,22 c	***
	2012	0,54 a	0,48 a	0,21 b	***
	2013	1,12 a	0,49 b	0,59 b	***
Producción *(kg.cepa^{-1})*	**2011**	2,96 a	1,79 b	0,87 c	***
	2012	1,75 a	1,77 a	0,72 b	***
	2013	2,23 b	3,45 a	1,82 b	***
Peso baya *(g.baya^{-1})*	**2011**	2,51 a	2,17 b	1,94 b	**
	2012	2,25 a	2,25 a	1,56 b	**
	2013	2,87 a	2,55 a	1,97 b	*
Grado Probable *(% Vol)*	**2011**	14,8 a	14,0 b	14,1 b	*
	2012	14,1 b	14,0 b	14,9 a	*
	2013	12,1 b	12,5 ab	13,1 a	*
Acidez Total Tartárica *(g.L^{-1})*	**2011**	4,9	4,9	4,7	n.s.
	2012	4,9 ab	5,1 a	4,5 b	*
	2013	9,4 a	7,9 b	7,7 b	*
IC *(A420, A520, A620)*	**2012**	7,6 b	8,8 b	12,1 a	**
	2013	15,1 b	16,2 b	22,1 a	*
IPT *(A280)*	**2012**	47 b	49 b	57 a	*
	2013	52 b	58 b	72 a	**
Antocianos *(mg.L^{-1})*	**2012**	325 b	344 ab	481 a	**
	2013	476 b	488 b	649 a	*
Taninos *(g.L^{-1})*	**2012**	2,02 b	2,11 ab	2,39 a	*
	2013	2,14 b	2,40 b	2,93 a	**

(1) G.S. = grado de significación; *: p<0,1; **: p<0,01; ***: p<0,001; n.s.: no significativo. Letras distintas indican diferencias entre tratamientos según el Test de separación de medias de Duncan.
Nota: IC: Intensidad Colorante e IPT: Índice de Polifenoles Totales.

La clasificación del rendimiento también está relacionada con las distintas zonas de vigor de la parcela. Así, la zona de mayor vigor produce más que la de menor crecimiento vegetativo. Cabe destacar que tanto en lo referente al crecimiento como a la producción de uva, las diferencias se reducen en el año 2013 que fue el más lluvioso y frío (732 mm), frente a los años 2012 y 2013 (467 mm y 422 mm), inferiores respecto a la media de 490 mm (Euskalmet: Estación de Páganos – Álava -). El comportamiento del grado alcohólico probable según las zonas difiere en función del año. Así, en el año 2011 que fue el que presentó mayor estrés hídrico durante todo el ciclo además de entre envero y vendimia, el grado probable fue mayor en la zona de mayor crecimiento, que tenía mayor capacidad de almacenamiento de agua. García Escudero (1991), Esteban et al.

(1999) y Deloire et al. (2004) defienden que la actividad de la planta se ve afectada negativamente por un déficit hídrico en maduración, lo que se traduce en una disminución del grado probable, debido a que la planta no es capaz de satisfacer las necesidades de acumulación de azúcares por la reducción fotosintética. Sin embargo en los años 2012 y 2013, el grado fue mayor en la zona de bajo vigor. La acidez total tartárica se relaciona positivamente con el vigor, tal y como constatan diversos autores en ensayos de riego (Sepúlveda y Kliewer, 1986; Jackson y Lombard, 1993; Esteban et al., 1999; Intrigliolo y Castel, 2010). El peso de baya siempre alcanza el valor mínimo en la zona de bajo vigor y el máximo en la zona de vigor más alto. Probablemente debido a este fenómeno (Smart, 1985; Jackson y Lombard, 1993) y al menor vigor que ocasiona un menor sombreamiento del racimo (Smart, 1985; Mpelasoka et al., 2003) es en la zona de menor vigor donde se alcanzan los mayores valores de color, polifenoles y antocianos (Tabla 1).

CONCLUSIONES

Las diferencias de comportamiento de la viña, que se traducen en variabilidad productiva y de calidad, son muy altas incluso en viñedos de pequeña superficie. La variabilidad edáfica es la principal causante de estas diferencias cuando el material vegetal y el manejo son homogéneos. Por tanto un mayor conocimiento de la relación existente entre el suelo y la planta y por consiguiente de las causas últimas que originan estas diferencias permite una mejor toma de decisiones en el manejo del viñedo según el objetivo productivo.

Agradecimientos

Este trabajo se ha llevado a cabo gracias a la concesión de un proyecto de la convocatoria GAITEK del Departamento de **Desarrollo Económico y Competitividad del Gobierno Vasco**.

Referencias

Deloire, A., Carbonneau, A., Wang, Z.P. y Ojeda, H. (2004). Vine and water a short review. Journal Internacional des Science de la Vigne et du Vin, 38: 1-13.

Esteban, M.A., Villanueva, M.J. y Lisarrague, J.R. (1999). Effect of irrigation on changes in berry composition of Tempranillo during maturation. Sugars, organic acids, and mineral elements. American Journal of Enology and Viticulture, 50 (1): 418-434.

Euskalmet, Informes de Climatología de Euskadi: http://www.euskalmet.euskadi.net/s07-5853x/es/meteorologia/home.apl?e=5

García-Escudero, E. (1991). Influencia de la dosis y del momento de aplicación del riego sobre la producción, desarrollo vegetativo, calidad del mosto y nutrición mineral de la vid (*Vitis vinifera* L.). Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.

Hall, A., Louis, J. y Lamb, D. (2003). Characterising and mapping vineyard canopy using high-spatial resolution aerial multispectral images. Computers and Geosciences, 29: 813-822.

Intrigliolo, D.S. y Castel, J.R. (2010). Response of grapevine cv. 'Tempranillo' to timing and amount of irrigation: water relations, vine growth, yield and berry and wine composition. Irrigation Science, 28: 113-125.

Jackson, D.I. y Lombard, P.B. (1993). Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality-A review. American Journal of Enology and Viticulture, 44: 409-430.

Mpelasoka, B.S., Schachtman, D.P., Treeby M.T. y Thomas, M.R. (2003). A review of potassium nutrition in grapevine with special emphasis on berry accumulation. Australian Journal of Grape and Wine Research, 9: 154-168.

SAS Institute Inc. (1988). SAS Stat user's guide. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Sepúlveda, G. y Kliewer, M. (1986). Stomatal response of three grapevine cultivars (*Vitis vinifera* L.) to high temperature. American Journal of Enology and Viticulture, 37 (1): 44-52.

Smart R.E. (1985). Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implications for yield and quality. American Journal of Enology and Viticulture, 36 (3): 230-239.

Tysseire, B., Ojeda, H. y Taylor, J. (2007). New technologies and methodologies for site-specific viticulture. Journal Internacional des Science de la Vigne et du Vin, 41 (2): 63-76.

Van Leeuwen, C., Friant, P., Choné, X., Tregoat, O., Kounduras, S. y Dubordieu. D. (2004). Influence of Climate, Soil, and Cultivar on Terroir. . American Journal of Enology and Viticulture, 55 (3): 207-217.

Utilización de bases de datos para caracterización de subzonas vitícolas

I. Martín*, N. Domínguez, A. Benito, I. Romero y E. García-Escudero.

Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino, ICVV (CSIC, Universidad de La Rioja, Gobierno de La Rioja). Ctra. Logroño-Mendavia (NA-134) PK 90. 26071 Logroño (La Rioja). *E-mail: imartinr@larioja.org

Resumen

La recopilación de grandes bases de datos de análisis foliares permite abordar estudios nutricionales de muy diversa índole. En este trabajo se pretende diferenciar y caracterizar cinco subzonas de la DOCa Rioja, utilizando para ello una base de datos que recopila análisis de limbo en envero - N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn y B - de la variedad Tempranillo (*Vitis vinifera* L.), correspondientes al período 1991-2013. Mediante un análisis discriminante se consiguió diferenciar entre las cinco subzonas preestablecidas - Rioja alta, Rioja baja, Rioja media, Rioja alavesa y el valle del Najerilla -, así como caracterizar cada una de dichas subzonas en base a la composición de los limbos respecto a algunos de los nueve nutrientes analizados.

Palabras clave: Nutrición, Tempranillo, *terroir*, zonificación, calidad.

INTRODUCCIÓN

El concepto de *terroir* designa un territorio donde las características naturales mantienen cierta homogeneidad y que, combinadas con las prácticas agrícolas llevadas a cabo por los viticultores, imprimen a sus productos una tipicidad diferenciada. La definición y caracterización de regiones, comarcas, o incluso unidades geográficas más pequeñas, que comparten ciertas particularidades edafoclimáticas y que aportan, asociado a ellas, unas características cualitativas diferenciadas respecto a otras zonas, es una tarea difícil de abordar debido a la gran cantidad de fuentes de variación que influyen, en mayor o menor medida, en las características de calidad de la uva y el vino.

Por tanto, los estudios de zonificación, requieren de la recopilación de grandes bases de datos a lo largo de períodos de tiempo suficientemente amplios, que permitan acumular información de todas las fuentes de variación que caracterizan a una zona vitícola determinada. La metodología de "Encuesta o Carta nutricional" permite abordar estos estudios, ya que las muestras proceden de parcelas representativas, y los resultados dan lugar a interpretaciones globales (Sumner, 1977; Loué, 1990). Además, la acumulación de datos analíticos respecto a características climáticas y de suelo, el contenido mineral de material foliar, los parámetros vegetativos, los rendimientos y los parámetros de calidad de la uva se ve complementada con información categórica que permitirá subdividir la base de datos de acuerdo a los objetivos de estudio.

Esta metodología ya ha sido utilizada para obtener referencias nutricionales en diversas zonas vitícolas (Failla et al., 1995; Ciesielska et al., 2002), entre ellas la DOCa Rioja (García-Escudero et al., 2013), diferenciando en ocasiones en base a distintos criterios de producción y/o calidad de la uva (Martín et al., 2007; Martín et al., 2013). Sin embargo, la metodología de Encuesta o "Carta Nutricional" tiene sus limitaciones. Es cierto que el método de encuesta permite trabajar a escala regional con un gran número de variables, así como superar la limitación de los ensayos de campo respecto a su

representatividad, al recoger un mayor rango de fuentes de variación en una base de datos amplia. Sin embargo, esa misma riqueza hace que sea más difícil controlar la gran cantidad de fuentes de variación que aumenta la variabilidad de los datos.

Considerando el estado nutricional del viñedo como una consecuencia de las condiciones edafoclimáticas en cada subzona y, consecuentemente, como uno de los factores responsables de las diferencias cualitativas atribuibles a la uva y vinos producidos en cada subzona, el objetivo de este trabajo es utilizar la metodología de Encuesta o "Carta Nutricional" para diferenciar entre cinco subzonas de la DOCa Rioja, a partir de combinaciones lineales de nueve variables relativas al estado nutricional del viñedo, y determinando los nutrientes que mejor describen dichas diferencias. Asimismo, se evalúa la capacidad predictiva de las ecuaciones discriminantes obtenidas para catalogar nuevos análisis de limbo en envero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El manejo de bases de datos requiere de una cuidadosa planificación para recopilar la máxima cantidad de información, lo que permitirá realizar estudios de muy variada índole a medida que dicha base de datos aumenta de tamaño. En La Rioja, se ha creado una base de datos que permite abordar estudios nutricionales en viticultura, encuadrado dentro del proyecto titulado "Determinación de las necesidades de elementos minerales en la vid (*Vitis vinifera* L.). Influencia de factores de la producción vitícola en el estado nutricional" y que, en la actualidad, recoge datos de un período de 23 años (1991-2013) procedentes de 188 parcelas, principalmente del cv. Tempanillo, amparadas por la DOCa Rioja. La base de datos ha sido ampliada con datos procedentes de numerosos estudios experimentales que reunían las condiciones para su inclusión, ampliándose asimismo a otras variedades. Actualmente, la base de datos consta de 11.600 análisis foliares.

Para crear la base de datos, se utilizó el método de Encuesta o "Carta Nutricional". Inicialmente, el viticultor completa una encuesta en la que se recopila información agro-climática de carácter general. Esta encuesta inicial recoge información como: datos de contacto, datos catastrales de la parcela, coordenadas de la zona elegida de muestreo, altura sobre el nivel del mar, homogeneidad de la parcela, dificultades de drenaje y problemas de asfixia radicular, profundidad del suelo, accidentes climáticos – heladas, viento, granizo -, anomalías de la fecundación, fertilidad del suelo, estado nutricional y vigor general de las plantas, fechas fenológicas aproximadas –floración, envero, vendimia-, estado sanitario general del viñedo – plagas y enfermedades -, producción media, grado alcohólico probable y acidez habituales de la uva.

La encuesta inicial también recopila la información agronómica de la zona elegida para su seguimiento, que permitirá posteriormente catalogar el viñedo: año y marco de plantación, variedad, portainjerto, sistema y tipo de conducción, orientación de las filas, poda, pendiente, operaciones en verde – deshojados, espergurados, desniete, despuntes, aclareo de racimos,…-, mantenimiento del suelo, régimen hídrico, abonados y tratamientos fitosanitarios habituales. Asimismo, los viticultores completan una encuesta anual donde aparece la información específica de cada campaña sobre mantenimiento del viñedo, incidencias climáticas y sanitarias, fechas fenológicas exactas y rendimiento.

Seguidamente, se lleva a cabo un muestreo de suelo a dos profundidades, 0-30 y 30-60 cm, para caracterizar las propiedades físico-químicas en la zona de muestreo de cada viñedo elegido. Asimismo, se cuenta con la red de estaciones del Servicio de

Información Agroclimática de La Rioja (SIAR), que permite disponer de información de distintos parámetros climáticos, recogidos en las estaciones más cercanas a cada parcela.

El estudio nutricional en cada viñedo pasa por muestrear 30 hojas completas en floración y envero, recogidas aleatoriamente de ambas caras de exposición, de pámpanos fructíferos de vigor medio, a razón de una sola hoja por planta, en posición opuesta al primer racimo en floración y al segundo racimo en envero (Romero et al., 2010). En el laboratorio, se separan limbos y pecíolos, se lavan con agua corriente y agua destilada, se secan a 70ºC y se muelen para su posterior análisis. Finalmente, se determina N según método Kjeldhal, y P, K, Ca y Mg (%m.s.), y Fe, Mn, Zn y B ($mg \cdot kg^{-1}$ m.s.) mediante digestión por microondas y agua oxigenada y determinación por ICP-OES.

En el momento de la vendimia se lleva a cabo la valoración de los componentes de la producción – peso por hectárea y peso del racimo -, y de la calidad de la uva. Sobre los mostos obtenidos se determina Grado probable, Acidez total, pH, Ácido málico, Ácido tartárico y K. Finalmente, tras la caída de la hoja, se valora la relación entre las componentes productiva y vegetativa mediante el índice de Ravaz.

La información que se maneja en este trabajo utiliza datos de limbo del cv. Tempranillo en envero, al considerarse que se trata del tejido y momento fenológico en que se encuentra con mayor estabilidad el contenido de la mayor parte de los nutrientes analizados (Romero et al., 2013). Se consideraron análisis correspondientes al período 1991 y 2013, procedentes de un total de 156 parcelas de la variedad Tempranillo sobre patrón R-110, en plena producción (5-35 años), y agrupados según su pertenencia a cinco subzonas dentro de la DOCa Rioja: Rioja alta, Rioja baja, Rioja media, Rioja alavesa y valle del Najerilla.

Se ha llevado a cabo un Análisis Discriminante con la variable Subzona de la DOCa Rioja como variable dependiente y la concentración de los nueve nutrientes como variables independientes. En el análisis estadístico se descartaron los muestreos de aquellas parcelas que registraron problemas fitosanitarios o sufrieron accidentes climáticos. El estudio estadístico se realizó con el programa estadístico SPSS 15.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Obtención de las Funciones Discriminantes (FD)

Las FD son combinaciones lineales de todas o de algunas de las variables independientes, correspondiendo los coeficientes a aquellos que maximizan el poder discriminante de la función. Entre las condiciones previas está que las subzonas deben diferenciarse de antemano en las variables independientes. Tal y como se puede observar en la Tabla 1, se encontraron diferencias entre las subzonas para todas las variables independientes utilizadas en el estudio.

Tabla 1. Test de igualdad de medias entre subzonas para las variables originales.

	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B
Λ de Wilks	0,960	0,656	0,964	0,937	0,867	0,648	0,926	0,920	0,959
F	11,68	148,7	10,59	19,08	43,59	153,8	22,72	24,67	12,10
Significación	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Dado que se parte de cinco subzonas preestablecidas, es posible obtener hasta cuatro FD, incorrelacionadas entre sí, que permitan diferenciar entre ellas. Las funciones se extraen de manera jerárquica, de modo que la primera explica el máximo posible de las

diferencias entre subzonas, la siguiente explica el máximo posible de las diferencias que quedan por explicar, y así sucesivamente hasta alcanzar el 100% de las diferencias existentes. En la Tabla 2, se puede observar que FD1 explica el 65,1% de la varianza, la FD2 explica el 29,4% y que FD3 y FD4 explicarían el 4,9% y 0,6%, respectivamente.

Tabla 2. Capacidad discriminante y significación de las Funciones Discriminantes.

Función	[a]Autovalor	Varianza (%)	Acumulado (%)	[b]Correlación Canónica
FD1	1,344	65,1	65,1	0,757
FD2	0,608	29,4	94,5	0,615
FD3	0,101	4,9	99,4	0,303
FD4	0,012	0,6	100,0	0,108

[a] Cociente entre la variación debida a diferencias entre grupos y variación dentro de cada grupo.
[b] Correlación entre las puntuaciones de la función discriminante y una combinación de variables indicador que recoge la pertenencia de los sujetos a los grupos.

Las dos primeras funciones presentan autovalores y correlación canónica altos, lo que indica que ambas FD permiten diferenciar bastante bien entre subzonas, aunque no nos dice entre cuáles. Las funciones 3 y 4 tienen autovalores y correlación canónica bajos, lo que indica que estas funciones no distinguen claramente entre las subzonas.

El poder discriminante de una FD viene dado por la Lambda de Wilks, que expresa la proporción de variabilidad total no debida a las diferencias entre grupos. La Lambda de Wilks hace una valoración global del grado de diferenciación entre grupos, contrastando de forma jerárquica la significación de las funciones. Valores próximos a 1 indicarán bajo poder discriminante y valores próximos a cero indicarán gran capacidad de diferenciar entre subzonas. Por tanto, a medida que entren variables independientes en el modelo de cada FD, y mejore el poder discriminante, la Lambda de Wilks debería disminuir hasta alcanzar el valor final de cada FD (Tabla 3) y, en caso de no ocurrir así, la variable independiente deberá descartarse para dicha FD. Asimismo, el valor transformado de Lambda (*Chi*-cuadrado) informa de la significación de las diferencias entre subzonas ($p \leq 0,05$), lo que permite descartar la hipótesis nula, de igualdad entre subzonas. De esto modo, estudiando el modelo por pasos (datos no mostrados), se ha observado que el primer paso, inclusión de Fe ($mg \cdot kg^{-1}$ m.s.) en el modelo, permite diferenciar entre todas las subzonas con la excepción de la subzonas Rioja media y Rioja alta respecto a Rioja Alavesa. La separación entre Rioja media y Rioja alavesa no se consigue hasta el tercer paso, cuando ya han entrado en el modelo el P y el K (% m.s.). Finalmente, la separación entre Rioja alta y Rioja alavesa no se consigue hasta que entran las nueve variables en el modelo.

Tabla 3. Lambda de Wilks. Contraste de las funciones del modelo.

Función	Λ Wilks	X^2	Grados de libertad	Significación
1 a la 4	0,238	1620,6	36	0,000
2 a la 4	0,558	658,7	24	0,000
3 a la 4	0,897	122,2	14	0,000
4	0,988	13,3	6	0,039

[a] Λ de Wilks: Proporción de la variabilidad total no debida a diferencias entre grupos.

En la primera fila de la Tabla 3 (1 a la 4), se contrasta la hipótesis nula de que el modelo completo no permite distinguir las medias de las subzonas. La segunda línea (2 a la 4) permite discernir si las medias de las subzonas son iguales en la segunda FD, y así

sucesivamente. Como todas ellas presentan un valor crítico significativo ($p \leq 0,05$), se concluye que las cuatro FD permiten discriminar entre subzonas. Sin embargo, para conocer entre qué subzonas permite diferenciar cada función hay que evaluar la posición de los centroides en cada FD (Tabla 4). Por otra parte, dado que la Lambda de Wilks aumenta con cada FD (Tabla 3), la capacidad de separar entre subzonas disminuye según la FD de la que se trate. De este modo, la cuarta FD tendrá la menor capacidad para diferenciar entre subzonas.

Tabla 4. Valores de los centroides en las Funciones Discriminantes.

Subzona	FD 1	FD 2	FD 3	FD 4
Rioja alta	0,225	-0,236	-0,906	**0,207**
Rioja baja	0,792	-1,392	**0,186**	0,000
Rioja media	0,614	**0,651**	0,072	-0,011
Najerilla	**-2,146**	-0,063	0,068	-0,003
Rioja alavesa	0,155	-0,744	-1,530	**-0,857**

[a] Centroide: Valor medio de cada subzona en cada Función Discriminante.

La FD1 distingue fundamentalmente la subzona Najerilla del resto de subzonas, dado que su centroide está ubicado en la región de signo negativo y las demás subzonas en la de signo positivo (Tabla 4 y Figura 1). Según este criterio, la FD2 distingue entre Rioja media y las subzonas que quedan por discriminar, quedando Najerilla en valores próximos a cero (Tabla 4 y Figura 1). La FD3 separa entre Rioja baja y las dos restantes y, finalmente, los centroides de la FD4 indican que Rioja alta presenta valores positivos, mientras que Rioja alavesa los presenta negativos (Tabla 4).

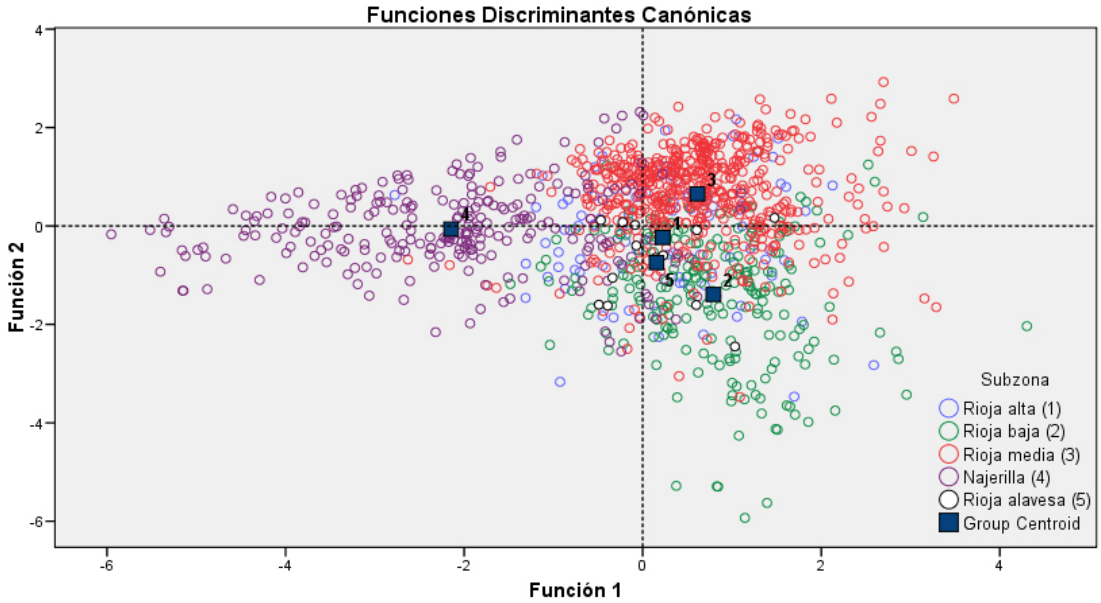


Figura 1. Mapa de las dos primeras Funciones Discriminantes.

En cuanto a la relación de las variables originales con las FD, en la Tabla 5 se muestran los coeficientes estandarizados de las FD Canónicas, las cuales han incorporado las nueve variables independientes. Los mayores coeficientes para FD1, la cual asociaba valores negativos a la subzona de Najerilla, corresponden a P, K y Mg y, por tanto, los análisis que favorezcan valores negativos en FD1 tenderán a ser clasificados como pertenecientes a dicha subzona. Debido a ello, los análisis con contenidos altos en P y bajos en K y Mg serían fácilmente atribuibles a la subzona del valle del Najerilla.

Tabla 5. Coeficientes estandarizados de las Funciones Discriminantes Canónicas.

Función	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B
1	-0,079	-0,687	0,848	-0,280	0,900	0,283	-0,159	-0,093	0,180
2	0,177	-0,189	0,648	-0,245	0,622	-0,912	-0,077	0,306	-0,225
3	0,150	0,558	0,181	-0,730	0,500	0,191	0,485	-0,591	0,037
4	0,733	0,033	-0,219	0,093	0,026	0,346	-0,064	0,652	-0,130

Asimismo, K, Mg y en menor medida Zn, son los nutrientes con mayores coeficientes en la FD2, asignando valores positivos a la subzona Rioja media. Por tanto, análisis con elevados contenidos en K, Mg y Zn serían atribuibles a la subzona Rioja media. Por su parte, la FD3, que asociaba valores positivos con la subzona Rioja baja, presenta los mayores coeficientes para P, Ca, Mg, Mn y Zn, por lo que análisis con contenidos altos en P, Mg y Mn, y bajos en Ca y Zn, podrían ser atribuidos a Rioja Baja. Finalmente, la FD4 asocia valores positivos a Rioja alta y negativos a Rioja alavesa, por lo que análisis que presenten altos contenidos en N, Fe y Zn serían clasificados como Rioja alta, y análisis con bajos contenidos en estos nutrientes como Rioja alavesa.

La Tabla 6 muestra las correlaciones entre las variables originales y las FD. Se puede observar que la mayor correlación para P y Mg fue con FD1, para Fe y B con FD2, para Ca y Mn con FD3 y, finalmente, para N, Zn y K con FD4. Esto no implica que sea en dichas FD donde mayor poder discriminante tiene cada uno de esos nutrientes.

Tabla 6. Matriz de estructura o Correlaciones entre variables originales y Funciones Discriminantes Canónicas estandarizadas.

Función	P	Mg	Fe	B	Ca	Mn	N	Zn	K
1	**-0,617**[a]	**0,337**[a]	0,422	-0,059	-0,088	-0,216	0,007	-0,200	0,103
2	-0,033	0,042	**-0,703**[a]	**-0,249**[a]	-0,237	0,037	0,204	0,194	0,185
3	0,352	0,028	0,095	0,044	**-0,471**[a]	**0,403**[a]	0,320	-0,268	0,135
4	0,274	0,057	0,452	-0,169	0,149	0,043	**0,681**[a]	**0,536**[a]	**0,226**[a]

[a] Mayor correlación absoluta entre cada variable y cualquier función discriminante.

Capacidad de clasificación del modelo

Las FD pueden ser validadas a partir del modelo obtenido, mediante su capacidad de predicción de la subzona de pertenencia frente a la clasificación real (Tabla 7). El modelo clasifica correctamente el 74,4% de los datos incluidos en la base de datos, lo que es claramente una mejoría respecto a la clasificación esperable por azar (20%).

Tabla 7. Resultados de clasificación expresados en porcentaje (validación cruzada).

		Grupo de pertenencia pronosticado (%)					Total
Datos	**Subzona**	**Rioja alta**	**Rioja baja**	**Rioja media**	**Najerilla**	**R. alavesa**	**Total**
88	**Rioja alta**	**8,0**	22,7	60,2	9,1	0,0	100%
227	**Rioja baja**	0,0	**63,9**	33,9	2,2	0,0	100%
556	**Rioja media**	2,3	6,5	**89,9**	1,1	0,2	100%
253	**Najerilla**	0,0	5,9	17,8	**76,3**	0,0	100%
13	**Rioja alavesa**	15,4	30,8	46,2	0,0	**7,7**	100%

[a] Probabilidades previas basadas en los tamaños de los grupos. La validación cruzada clasifica cada caso mediante las funciones derivadas a partir del resto de casos.

Las subzonas con mayor número de datos son las que han obtenido los mayores porcentajes de clasificación correcta, alcanzando un 89,9% en Rioja media (Tabla 7). Asimismo, la mayoría de las clasificaciones erróneas en las demás subzonas son

clasificadas como Rioja media, especialmente en aquellas con menor número de datos. Esto se verá agravado en la subzona Rioja alavesa, ya que al reducido número de datos se une el hecho de encontrarse territorialmente dividida entre Rioja alta y Rioja media. Por tanto, para poder aumentar la capacidad discriminante será necesario aumentar la base de datos de las subpoblaciones menos numerosas.

CONCLUSIONES

Es posible caracterizar diferentes subzonas dentro de una región vitícola utilizando para ello el estado nutricional del viñedo como herramienta de diferenciación, manejando para ello grandes bases de datos de análisis foliares. Sin embargo, es necesario equilibrar dichas bases de datos, tanto en la recopilación de un número suficiente de análisis como en la definición correcta de las subzonas a estudiar.

Agradecimientos

Trabajo financiado por el INIA (proyecto SC00-016) y la Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente de la C.A. de La Rioja (R-01-03, R-01-04, R-03-05, entre otros). Agradecimientos a M. Carmen Arroyo, al personal del Laboratorio Regional de La Grajera, sección de Viticultura y Enología del SIDTA-ICVV y a los viticultores y técnicos que ha colaborado para crear la base de datos.

Referencias

Ciesielska, J., Malusa, E., Bourlot, G. (2002). Grape leaf diagnosis in the Piedmont Region. Acta Horticulturae, 594, 387-392.

Failla, O., Scienza, A., Stringari, G., Porro, D., Tarducci, S., Di Dionisio, A. (1995). Indagine sullo stato nutrizionale dei vigneti in alcune zone toscane a denominazione d'origine per una proposta d'interpretazione delle analisi fogliari e del terreno. VigneVini, 12, 15-25.

García-Escudero, E., Romero, I., Benito, A., Domínguez, N., Martín, I. (2013). Reference Levels for Leaf Nutrient Diagnosis of cv. 'Tempranillo' grapevine in the Rioja Appellation. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 44, 645-654.

Loué, A. (1990). Le diagnostic foliaire (ou petiolaire) dans les enquetes de nutrition minerale des vignes. Le Progrès Agricole et Viticole, 107, 439-453.

Martín, I., Romero, I., Lorenzo, I., Domínguez, N., Mangado, A.; López, D.; Ibañez, S.; García-Escudero, E. (2007). Evaluación preliminar de la metodología DRIS para el diagnóstico nutricional de la vid (Vitis vinífera L.), variedad Tempranillo. Actas de Horticultura, 49, 210-217.

Martín, I., Benito, A., Romero, I., Domínguez, N., García-Escudero, E. (2013). Preliminary Diagnosis and Recommendation Integrated System Norms for Leaf Nutrient Diagnosis of Tempranillo grapevine in the Rioja Appellation. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 44, 655-667.

Romero, I., García-Escudero, E., Martín, I. (2013). Leaf blade vs. petiole analysis for nutritional diagnosis of Vitis vinifera L cv. Tempranillo. American Journal of Enology and Viticulture, 64, 50-64.

Sumner, M.E. (1977). Application of Beaufil's Diagnostic Indices to maize data published in the literature irrespective of age and conditions. Plant and Soil, 46, 359-369.

Cuantificación y reparto de la biomasa aérea en cuatro cultivares de vid para estimaciones de huella de carbono

C. Miranda*, L.G. Santesteban, M. Loidi y J.B. Royo.

Dpto. Producción Agraria, Universidad Pública de Navarra, Campus de Arrosadia, 31006, Pamplona. *E-mail: carlos.miranda@unavarra.es

Resumen

Para poder estimar adecuadamente la huella de carbono de un viñedo es preciso determinar la producción anual de biomasa de las cepas, así como su reparto entre las diferentes estructuras de la planta. Sin embargo, hasta el momento, la mayoría de estudios sobre este tema se han realizado sobre plantas en maceta, existiendo escasa información sobre la producción y reparto de biomasa a escala de viñedo. El objetivo de este trabajo fue cuantificar la producción anual de biomasa aérea y su reparto en cuatro variedades (Tempranillo, Garnacha, Graciano y Cabernet Sauvignon). Para ello se emplearon los datos de crecimiento, producción, clima y aportes de riego obtenidos entre 2008 y 2010 como parte de un proyecto de modelización del viñedo (Red VitMod). La base de datos incluye datos de más de 600 viñedos, con los que se abarca un amplio rango de situaciones a lo largo de La Rioja y Navarra. Los valores de crecimiento vegetativo y producción fueron trasformados en valores de biomasa, combinando relaciones alométricas obtenidas por nuestro equipo con otras indicadas en la literatura disponible. Se han calculado los valores medios y rangos para la producción de biomasa y su reparto entre el tronco y brazos, pámpanos, hojas y racimos. La producción total de biomasa osciló entre 670 y 3412 g de materia seca·cepa^{-1}·año^{-1} y la proporción de biomasa destinada a la parte vegetativa osciló entre el 22 y el 70%. Se encontraron relaciones significativas (p<0,0001, R^2>0,6) y diferencias varietales entre el vigor de la cepa y la producción de biomasa, así como entre la cosecha y el reparto vegetación/producción. Los resultados obtenidos proporcionan una herramienta útil para la estimación del balance de carbono en el viñedo.

Palabras clave: Huella de carbono, reparto, biomasa, alometría.

INTRODUCCIÓN

Los cultivos leñosos y la vid en particular pueden contribuir eficazmente a mitigar las emisiones de CO_2 atmosférico fijándolo en sus estructuras y, consecuentemente, se ha acrecentado el interés por los estudios sobre los balances de carbono en el viñedo. Así, se hace necesario conocer cuál es la producción anual de biomasa del cultivo, así como su reparto entre las diferentes estructuras de la planta. Hasta el momento existe escasa información sobre la producción anual de biomasa y su reparto en condiciones de campo, ya que la mayoría de estudios sobre ello se han hecho en plantas en maceta (Carlisle et al., 2010, Escalona et al., 2012), o contabilizando la acumulación en los órganos permanentes en el total de la vida de las cepas (Yuste y de la Torre, 2011). Sin embargo, apenas disponemos de información sobre la producción y reparto de biomasa anual a escala de viñedo o de zona vitícola, ya que para ello es preciso generar bases de datos representativas, que abarquen un amplio rango de situaciones de cultivo, zonas climáticas y un periodo de tiempo suficientemente largo. Diversos estudios han mostrado que el

enfoque alométrico, en el que la biomasa se estima por medio de ecuaciones que emplean medidas de dimensión de obtención sencilla y no destructiva como el diámetro, la longitud o la sección, es apropiado para su empleo en vid (Ollat et al., 1998; Castelan-Estrada et al., 2002; Sadras y McCarthy, 2007; García de Cortázar-Atauri et al., 2009; Jiménez et al., 2010; Sánchez de Miguel et al., 2011).

El objetivo del presente trabajo ha sido cuantificar la producción anual de biomasa aérea y su reparto entre los órganos de la cepa, así como determinar el rango de valores que es propio observar en las condiciones de cultivo de La Rioja y Navarra, usando una exhaustiva base de datos de campo obtenida en viñedos de cuatro variedades.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han empleado los datos de crecimiento, producción, clima y aportes de riego obtenidos entre 2008 y 2010 como parte de un proyecto de modelización del viñedo (Red VitMod). La base de datos incluye datos de más de 600 viñedos de Tempranillo, Cabernet Sauvignon, Graciano y Garnacha, cultivadas en La Rioja y Navarra, con los que se abarca un amplio rango de situaciones de cultivo y climáticas, debido fundamentalmente a diferencias de altitud (desde 300 hasta 550 m).

Los valores de crecimiento vegetativo y producción se midieron en 20 cepas por viñedo y fueron trasformados en valores de biomasa, combinando relaciones alométricas obtenidas por nuestro equipo con otras indicadas en la literatura disponible. Las relaciones utilizadas para cada órgano de la viña fueron las siguientes:

- ***Madera en tronco y brazos***: El volumen del tronco y los brazos se estimó a partir de la sección de tronco medida a media altura (ST, cm^2), la altura del tronco (AT, cm) y la longitud del cordón (LC, cm), por medio de una relación obtenida en 60 cepas. A partir de estas mediciones se generaron las relaciones recogidas en la Tabla 1:

Tabla 1. Relaciones alométricas utilizadas para la estimación de la biomasa del tronco y los brazos.

	Volumen del tronco (VT, cm^3)		Volumen del cordón (VC, cm^3)	
cv.[z]	**Relación alométrica**	R^2	**Relación alométrica**	R^2
CS	35,31*ST + 14,03*AT - 564,44	0,871	21,57*ST + 4,50*LC + 1,26	0,675
GA	29,57*ST + 23,67*AT - 917,42	0,657	17,70*ST + 13,06*LC - 749,72	0,811
GR	47,88*ST + 13,98*AT - 670,44	0,815	36,04*ST + 3,78*LC - 218,24	0,717
TE	24,30*ST + 16,03*AT - 491,58	0,817	29,58*ST + 4,20*LC - 185.71	0,877

[z]CS: Cabernet sauvingon, GA: Garnacha, GR: Graciano, TE:Tempranillo

La biomasa de la madera al principio y final del ciclo se calculó multiplicando los volúmenes estimados con estas ecuaciones por la densidad de la madera, que se consideró de $0{,}767 g \cdot cm^{-3}$ (Candolfi-Vasconcelos y Castagnoli, 1998).

- ***Sarmientos***: El peso de madera de poda (PMP, g) de las cepas se estimó a partir de la suma de secciones de pámpanos (SSP, cm^2), por medio de una relación obtenida en 52 viñedos en los que PMP y SSP se midieron en una muestra de 10 cepas. La alometría obtenida se indica en la Ecuación (1):

$$PMP\ (g)=670{,}96*Ln(SSP)-903{,}1\ (R^2=0{,}681)\ \mathbf{(1)}$$

El contenido en materia seca de los sarmientos se determinó en 10 sarmientos sometiendo al material a 72ºC durante 5 días, obteniendo las relaciones peso seco/peso fresco indicadas en la Tabla 2.

Tabla 2. Relaciones alométricas empleadas para estimar la biomasa de pámpanos y hojas.

	Área foliar (AF, cm^2)		Peso específico hojas	Ratio cont. Mat.
cv.	**Relación alométrica**	R^2	**$g \cdot cm^2$**	**Seca del pámpano**
CS	2697,56*SSP + 1694,44	0,951	0,0072	0,57
GA	2697,56*SSP + 1694,44	0,951	0,0070	0,55
GR	3835,03*SSP - 1233,69	0,743	0,0074	0,55
TE	6183,08*SSP - 2318,77	0,909	0,0066	0,53

- ***Hojas***: El área foliar (AF) se estimó por medio de las ecuaciones alométricas obtenidas por Jiménez et al. (2010) indicadas en la Tabla 2. El peso específico de las hojas ($g \cdot cm^{-2}$) se obtuvo de una muestra de 120 hojas, de las que se midió su área por medio de un analizador de imagen, y posteriormente el peso seco se obtuvo secándolas a 72ºC durante 5 días, obteniendo los pesos específicos indicados en la Tabla 2.
- ***Racimos***: para estimar la proporción de materia seca de las bayas se empleó la relación alométrica entre el contenido en agua (CA, %) y azúcar (SS, ºBrix) de las bayas descrita por García de Cortázar-Atauri et al. (2009) en la Ecuación (2):

$$CA=94,4-0,82*SS, (R^2=0.95) \quad \textbf{(2)}$$

La biomasa del racimo se obtuvo multiplicando la proporción de materia seca de las bayas por la cosecha, considerando que el raquis supone el 5% del peso fresco del racimo (Ribereau-Gayon et al., 2006) y el 7% del peso seco (Dry et al., 2004).

Se calcularon los valores medios y rangos para la producción de biomasa de cada variedad en el conjunto de viñedos incluidos en la base de datos, así como para el reparto de la misma entre el tronco, los pámpanos, las hojas y los racimos. Se ajustaron regresiones lineales entre el vigor de la cepa (definido como tamaño del tronco por metro de línea) y la producción de biomasa, y entre la cosecha y la proporción de biomasa destinada a la parte reproductiva de la cepa. Los parámetros de biomasa y cosecha fueron transformados logarítmicamente. Se evaluó la igualdad de las regresiones obtenidas (para cada variedad por medio de test de Student siguiendo los métodos descritos por Kleinbaum et al. (2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El conjunto de parcelas utilizadas en el estudio abarcó un rango de situaciones vegetativas y productivas muy amplio (datos no mostrados), y se puede considerar que los resultados obtenidos podrían generalizarse y representar a la mayoría de situaciones vitícolas de la zona.

La producción de biomasa aérea total osciló entre los 677 (Graciano) y los 3.412 g (Garnacha) de peso seco por cepa y año (Tabla 3), siendo de media mayores las acumulaciones en Tempranillo y Garnacha que en Cabernet y Graciano. En las estructuras permanentes se acumularon hasta 421 g de peso seco por cepa y año, aunque en la mayoría de los casos la acumulación fue inferior a 200 g, siendo el rango de valores similar en las cuatro variedades. El rango de valores encontrado concuerda con los

valores individuales de la bibliografía referidos a troncos de viñas adultas y en condiciones de campo que oscilan entre los 150 y los 650 g por cepa y año (Williams y Biscay, 1991; Mullins et al., 1992; Carlisle et al., 2010). Estos estudios también indican que existe una elevada variabilidad entre cepas y años en la acumulación de biomasa en el tronco, aspecto que también se ha observado aquí, ya que el coeficiente de variación entre parcelas de las secciones de tronco estuvo entre $0{,}6 \leq CV \leq 0{,}9$. Este resultado confirma que, aunque los troncos de las cepas tienen una gran capacidad para secuestrar carbono de forma duradera, la cantidad de carbono que queda fijado en las estructuras permanentes depende enormemente de las condiciones ambientales y de cultivo bajo las que ha crecido ese año la cepa.

Tabla 3. Producción anual de biomasa por cepa ($g \cdot cepa^{-1}$) en los órganos aéreos.

Variedad	Órgano	Media	SD	Min	Max	Perc. 10	Perc. 90
Tempranillo	Tronco y brazos	86,1	82,8	2,0	421,5	25,5	134,0
	Hojas y pámpanos	827,5	238,6	493,6	1445,6	345,3	1909,4
	Racimos	838,0	434,4	93,3	1875,2	360,1	1411,0
	Total aérea	***1751,6***	***555,2***	***912,5***	***3020,0***	***1111,4***	***2493,4***
Cab. Sauvignon	Tronco y brazos	89,6	62,9	3,0	257,8	21,8	167,7
	Hojas y pámpanos	661,5	230,6	356,5	1180,2	420,0	975,4
	Racimos	674,8	342,4	187,1	1422,4	288,7	1156,4
	Total aérea	***1425,9***	***527,7***	***718,2***	***2574,6***	***860,8***	***2183,8***
Garnacha	Tronco y brazos	88,7	49,8	4,8	206,1	27,9	151,8
	Hojas y pámpanos	742,9	154,1	507,4	1047,8	561,9	936,7
	Racimos	1007,4	592,6	103,1	2382,2	230,8	1752,1
	Total aérea	***1839,1***	***675,9***	***736,9***	***3412,2***	***1032,0***	***2681,0***
Graciano	Tronco y brazos	120,0	71,6	2,3	276,3	30,8	205,8
	Hojas y pámpanos	608,2	135,4	384,6	923,3	447,9	749,7
	Racimos	632,3	383,8	74,9	1535,5	214,6	1119,5
	Total aérea	***1360,5***	***433,9***	***676,6***	***2441,6***	***823,8***	***1831,0***

La acumulación de biomasa entre las partes vegetativas no permanentes (pámpanos y hojas) osciló entre los 356 y los 1.446 g por cepa y año, rangos que concuerdan con la literatura disponible. Asimismo, la variabilidad entre viñedos o años para un mismo viñedo fue mucho menor ($CV < 0{,}30$) a la observada para los troncos de las cepas de esas mismas parcelas. Se encontró (Tabla 4a) que si la producción de biomasa se expresaba por unidad de sección de tronco había una fuerte relación entre ésta y el tamaño de la cepa ($R^2 > 0{,}525$, $p < 0{,}0001$). Se encontró que el efecto del tamaño de la cepa era similar en todas las variedades (i.e, las pendientes eran similares, $p > 0{,}05$), pero que Cabernet producía hasta un 30% menos biomasa que las demás, especialmente en cepas menores de 16 cm^2 $tronco \cdot m^{-1}$.

La biomasa acumulada en los troncos y brazos varió entre el 5% (Tempranillo y Garnacha) y el 10% (Graciano) del total producido en la parte aérea durante el ciclo (Tabla 3). El 45% (Tempranillo, Graciano, Cabernet) o el 50% (Garnacha) de la parte aérea se destinó a los racimos y el resto se repartió casi a partes iguales entre los pámpanos y las hojas. Los valores de reparto encontrados en este estudio se corresponden a los recogidos en bibliografía (Williams y Biscay, 1991; Baeza, 1994; Howell, 2001; Carlisle et al., 2010).

Se investigó la influencia que tenía la producción de la cepa sobre el reparto de biomasa (Tabla 4b), encontrándose muy buenas relaciones (R^2>0,737, p<0,0001) para las cuatro variedades entre la producción (en peso seco) y la proporción de biomasa producida en los racimos. Las pendientes de las cuatro relaciones fueron similares (p>0,05) pero los términos independientes indicaron que Tempranillo destinaba siempre un 7% menos de biomasa a los racimos que cualquiera de los otros tres cultivares.

Tabla 4. Coeficientes de las regresiones lineales entre a) Vigor de la cepa (V_m) y producción de biomasa (DW_T) y b) biomasa destinada a los racimos (BA_B) y cosecha por metro de línea expresada en materia seca (DW_B) para las cuatro variedades.

	a) $Log(DW_T)=B_0+B_1*V_m$					b) $BA_B=B_0+B_1*Log(DW_B \cdot m^{-1})$				
cv.	n	Term. Indep. (B_0)	Pendiente (B_1)	R^2		n	Term. Indep. (B_0)	Pendiente (B_1)	R^2	
CS	152	2,25 b	-0,023 b	0,777		152	-79,73 c	46,41 a	0,812	
GA	98	2,45 a	-0,032 a	0,525		98	-83,39 b	47,49 a	0,916	
GR	67	2,53 a	-0,039 a	0,789		67	-87,47 b	49,31 a	0,791	
TE	301	2,55 a	-0,036 a	0,671		301	-93,43 a	49,69 a	0,737	

CONCLUSIONES

Las relaciones alométricas aplicadas sobre una exhaustiva base de datos de crecimiento vegetativo y producción para viñedos de Tempranillo, Garnacha, Graciano y Cabernet cultivados en Navarra y La Rioja han permitido definir los rangos de producción de biomasa y su reparto en cepas de estas variedades. El viñedo es sin embargo capaz de fijar cantidades relativamente elevadas de carbono en sus estructuras, contribuyendo así muy eficazmente a la reducción de los niveles de gases invernadero de la atmósfera. Esta información sirve también como base para evaluar el efecto del clima o las técnicas de producción, proporcionando una herramienta útil para la estimación del balance de carbono en el viñedo.

Agradecimientos

Los trabajos incluidos en esta publicación han sido financiados por el Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) mediante el proyecto BACAVID (Ref: AGL2011-30408-C04-03) y por el Departamento de Innovación, Industria y Empleo del Gobierno de Navarra (MODELVID, Ref: IIM11879.RI.1). Los autores también quieren agradecer a los propietarios de los viñedos incluidos en la red de parcelas VitMod por facilitarnos amablemente el acceso a los mismos. También queremos agradecer a la Fundación Fuentes Dutor por su continuo apoyo a nuestro grupo de investigación.

Referencias

Baeza, P. (1994). Caracterización ecofisiológica y evaluación agronómica de diferentes sistemas de conducción del viñedo (*Vitis vinifera* L.) en regadío. 244 p. Tesis doctoral, Dpto. Prod. Vegetal:Fitotecnia, Universidad Politécnica de Madrid.

Candolfi-Vasconcelos, M.C., Castagnoli, S. (1998). Evaluation of varieties, clones and rootstocks. IV: Evaluation of the performance of Pinot Noir Grafted to five rootstocks. *Oregon Wine Advisory Board Res. Prog. Rep.*

Carlisle, E., Smart, D., Williams, L.E., Summers, M. (2010). California vineyard greenhouse gas emissions: Assessment of the available literature and determination of research needs. 48 p. *California Sustainable Winegrowing Alliance Report*.

Castelan-Estrada, M., Vivin, P., Gaudillière, J.P. (2002). Allometric relationships to estimate seasonal above-ground vegetative and reproductive biomass of Vitis vinifera L. Ann. Bot., 89, 401-408.

Escalona, J.M., Tomás, M., Martorell, S., Medrano, H., Ribas-Carbó, M., Flexas, J. (2012). Carbon balance in grapevines under different soil water supply: importance of whole plant respiration. Austr. J. .Grape .Wine Res., 18, 308-318.

Dry, P., du Toit, G., Loveys, B. (2004). Partitioning of dry matter, carbon, nitrogen and inorganic ions of grapevines: effective partial rootzone drying and relationship with restricted spring growth. Final Report GWRDC Project UA01/01. Univ. of Adelaide.

García de Cortazar-Atauri, I., Brisson, N., Ollat, N., Jacquet, O., Payan, C. (2009). Asynchronous dynamics of grapevine (Vitis vinifera) maturation: experimental study for a modelling approach. J. Int. Sci. Vigne Vin, 43,83-97.

Howell, G.S. (2001). Sustainable grape productivity and the growth-yield relationship: a review. Am. J. Enol. Vitic., 52, 165-174.

Jiménez, C., Echevarría, N., Santesteban, L.G., Miranda, C., Royo, J.B. (2010). Evaluación del interés de la medida de la sección basal de los pámpanos como estimador del desarrollo vegetativo del viñedo. VII Foro mundial del vino, p 99. Logroño, Spain.

Kleinbaum, D.G., Kupper, L., Muller, K.E., Nizam, A. (2008). Applied regression analysis and other multivariable methods. 4th ed. Duxbury Applied, Thomsom Co, Belmont, USA.

Mullins, M.G., Bouquet, A., Williams, L.E. (1992). Developmental physiology: the vegetative grapevine. p 80-111 In: Biology of the grapevine. M.G. Mullins, A. Bouquet, L.E. Williams. (eds), 252 p. Cambridge University Press, UK.

Ollat, N., Fermaud, M., Tandonnet, J.P., Neveux, M. (1998). Evaluation of an indirect method for leaf area index determination in the vineyard: combined effects of cultivar, year and training system. Vitis, 37, 73-78.

Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Doneche, B., Lonvaud-Funel, A. (2006). Handbook of enology V.1. 497 p. Wiley, West Sussex, England.

Sadras, V.O., McCarthy, M.G. (2007). Quantifying the dynamics of sugar concentration in berries of Vitis vinífera cv. Shiraz: a novel approach base don allometric analysis. Aus. J. Grape Wine Res., 13, 66-71.

Sanchez de Miguel, P., Junquera, P., de la Fuente, M., Linares, R., Baeza, P., Lissarrague, J.R. (2011). Estimation of vineyard leaf área by linear regression. Spanish J. Agric. Res., 9, 202-212.

Williams, L.E., Biscay, P.J. (1991). Partitioning of dry weight, nitrogen and potasium in Cabernet Sauvignon grapevines from anthesis until harvest. Am. J. enol. Vitic., 42, 113-117.

Yuste, J., de la Torre, A.L. (2011). Biomasa acumulada en las partes permanentes de cepas adultas de distintas variedades de vid. Vida rural 331, 40-44.

Evaluación de las implicaciones de la presencia de virosis sobre el rendimiento y la calidad de la cosecha en la variedad Tempranillo

L. Martínez*[1], C. Miranda[2], J.B. Royo[2], F. Martínez de Toda[3], P. Balda[3], E. Ruiz-Clavijo[2] y L.G. Santesteban[2].

1 Bodegas Roda, Avda. Vizcaya, 5. Barrio de la Estación. 26200 Haro (La Rioja).
2 Dpto. Prod. Agraria, Univ. P. de Navarra, Campus Arrosadia, 31006, Pamplona (Navarra).
3 Dpto. Agric. Alim, Univ. de La Rioja, c/Madre de Dios 51, 26006 Logroño (La Rioja).
*E-mail: lidia.martinez@roda.es

Resumen

La presencia de los virus más frecuentes del viñedo (entrenudo corto, enrollado, jaspeado) repercute en general de manera negativa en la productividad de un viñedo, ya que éstos suelen provocar una disminución del rendimiento y de la longevidad de las cepas. Sin embargo, no siempre es fácil discernir cuáles son las implicaciones de la presencia de los virus en la calidad de la cosecha, dado que interaccionan el efecto directo de la presencia del virus y el efecto indirecto asociado a la modificación del rendimiento provocado por la virosis. El objetivo de este trabajo es profundizar en cómo la presencia de las principales virosis del viñedo afecta al rendimiento y a la calidad de la cosecha. Para ello, se han utilizado datos tomados en tres parcelas de recopilación de biotipos de Tempranillo establecidas por Bodegas Roda en Haro. Se dispone de los valores de rendimiento y los parámetros de calidad analítica (incluyendo color) obtenidos durante 7 campañas consecutivas, así como su estado sanitario de más de 500 biotipos de la variedad. La comparación del comportamiento agronómico de plantas sanas e infectadas ha permitido observar que la presencia de entrenudo corto suponía la mayor merma del rendimiento, con una leve pérdida de cosecha asociada a la presencia del enrollado, sin que hubiera efecto asociado al jaspeado. En cuanto a los parámetros de calidad, la presencia de entrenudo corto supuso un aumento importante del contenido en sólidos solubles, del pH y de la intensidad colorante. La presencia del enrollado tipo 3 implicó una caída importante del contenido en sólidos solubles y de la intensidad colorante, mientras que la presencia de jaspeado sólo se tradujo en una ligera merma del contenido de sólidos solubles.

Palabras clave: virosis, calidad, enrollado, entrenudo corto, jaspeado.

INTRODUCCIÓN

La presencia de algunas virosis en la vid provoca efectos perjudiciales en el comportamiento general del viñedo. Entre éstas, destacan el Virus del Entrenudo Corto (GFLV), los Virus Asociados al Enrollado (GLRaV) y el Virus del Jaspeado (GFKV). La utilización de material sano en las plantaciones y un adecuado saneamiento del suelo previo a las replantaciones han limitado las pérdidas económicas asociadas a la presencia de virus, si bien su presencia es todavía importante en muchas zonas de cultivo.

A pesar de que existe una base bibliográfica de cierta importancia que ha evaluado los efectos agronómicos de las presencia de las distintas virosis, tal y como afirman

Cretazzo et al. (2010), los resultados obtenidos con anterioridad a 1990 deben interpretarse con precaución ya que se comparaba el comportamiento de cepas sintomáticas con el de cepas no sintomáticas, o bien se testaba la presencia de virosis sobre plantas indicadoras. Los estudios realizados en las últimas dos décadas, en los que la presencia de los virus se determina por métodos serológicos o moleculares, son mucho más fiables, y se han centrado fundamentalmente en comparar plantas infectadas y sanas de un mismo clon, de cara a limitar las posibles diferencias asociadas a la variabilidad genética entre clones.

Las consecuencias agronómicas de la presencia de los virus no son sin embargo bien conocidas todavía, ya que la respuesta de la planta depende de la variedad, de las condiciones ambientales y del agente causante (Credi y Babini, 1997). El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de la presencia de tres virosis (GFLV, GLRaV y GFKV) sobre las componentes del rendimiento y la composición de las bayas de la variedad Tempranillo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal

El estudio se ha llevado a cabo utilizando 531 biotipos de la variedad Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) que integran el Banco de Germoplasma de Bodegas Roda. En este Banco se recoge material recopilado en 1999 tras recorrer 44 parcelas de una edad superior a 30 años, ubicadas en las localidades de Logroño, Ollauri, Haro, Briñas, Sajazarra y Villalba de Rioja. Los biotipos están plantados en tres parcelas situadas en Haro (La Rioja, 42º36’0.5’’N, 2º52’4’’W), a una altitud media de 510 m (Figura 1). Los viñedos se plantaron en el año 1998 y se injertaron en el año 2000 sobre el portainjerto 41B Millardet Grasset. En las tres parcelas se utiliza un sistema de conducción en vaso, el marco de plantación es de 2,2 m x 1 m, disponiéndose de 15 cepas por accesión.

Caracterización sanitaria

En el año 2005, se realizó el análisis de virosis de todos los biotipos presentes en la colección. El análisis se realizó, sobre madera, en época de reposo vegetativo, mediante la técnica serológica ELISA. Los virus para los que se realizaron los análisis fueron los siguientes, Virus del Entrenudo Corto (GFLV), Virus del Enrollado – serotipos 1 y 3 – (GLRaV), y Virus del jaspeado (GFKV).

Caracterización agronómica

La caracterización agronómica se realizó en 7 años consecutivos (2003-2009) en las parcelas del Banco de Germoplasma, caracterizando cada biotipo tanto en lo relativo a las componentes del rendimiento como a las características de la uva obtenida. En este trabajo se presentan los valores medios de las siete campañas.

Las componentes del rendimiento se determinaron vendimiando cinco cepas de cada biotipo, introduciendo la uva en cajas perfectamente identificadas que fueron llevadas a bodega. La uva se pesó en una báscula digital (DE 36K10NL, Kern, Alemania) para obtener el dato de producción por cepa. Posteriormente se contaron los racimos y así se obtuvo el dato de racimos por cepa. Una vez determinados las componentes de la producción, se recogió una muestra de unas 250 bayas por biotipo, que se mantuvieron congeladas a -18ºC, hasta el momento de ser analizadas. El proceso de descongelación se

realizó a temperatura ambiente, y fue inmediatamente anterior a la realización de los análisis de contenido en sólidos solubles, pH e Intensidad Colorante (IC). La IC se determinó del siguiente modo: se pesaron 40 gramos de bayas y se batieron durante 30 segundos, posteriormente se centrifugaron 15 minutos a 4000 rpm. El líquido sobrenadante se midió en un espectrofotómetro (Lambda25, Perkin Elmer, EEUU) a las absorbancias de 420, 520 y 620 nm. Las bayas restantes, se estrujaron de manera manual y el mosto obtenido, se centrifugó a 4000 rpm durante 10 minutos para determinar los parámetros de grado Baumé, pH y acidez total.

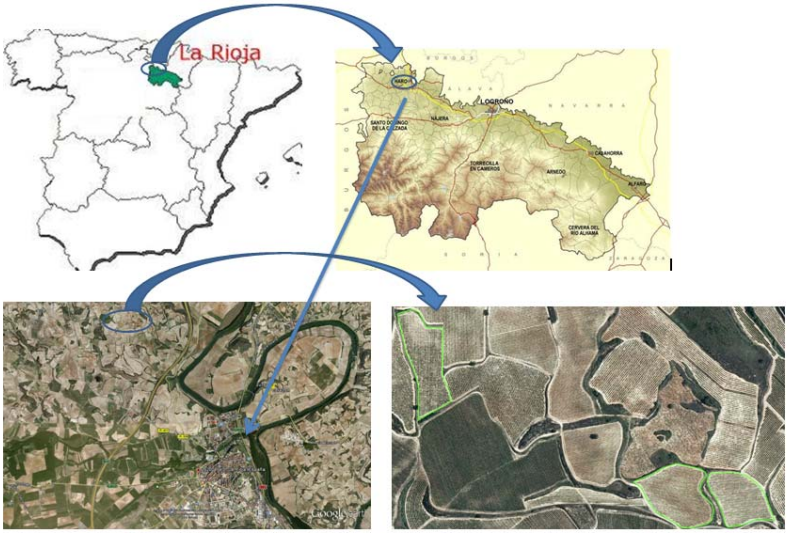


Figura 1. Ubicación de las parcelas del Banco de Germoplasma de Bodegas Roda.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis ELISA mostraron una incidencia importante de infección (Figura 2), de modo que sólo aproximadamente la mitad (49%) del material estudiado se encontraba libre de las cuatro virosis consideradas. La mayor incidencia fue la del Entrenudo corto (27% del total), seguido del jaspeado (9%), enrollado tipo 1 (5%) y tipo 3 (1%). Por último, un 9% de los biotipos estaba infectado por más de uno de los virus considerados.

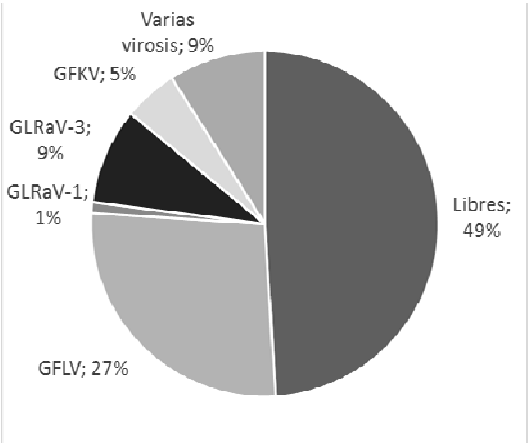


Figura 2. Incidencia de las virosis en los individuos del Banco de Germoplasma.

La presencia de virosis afectó tanto a las componentes del rendimiento como a la composición de las bayas (Figura 3).

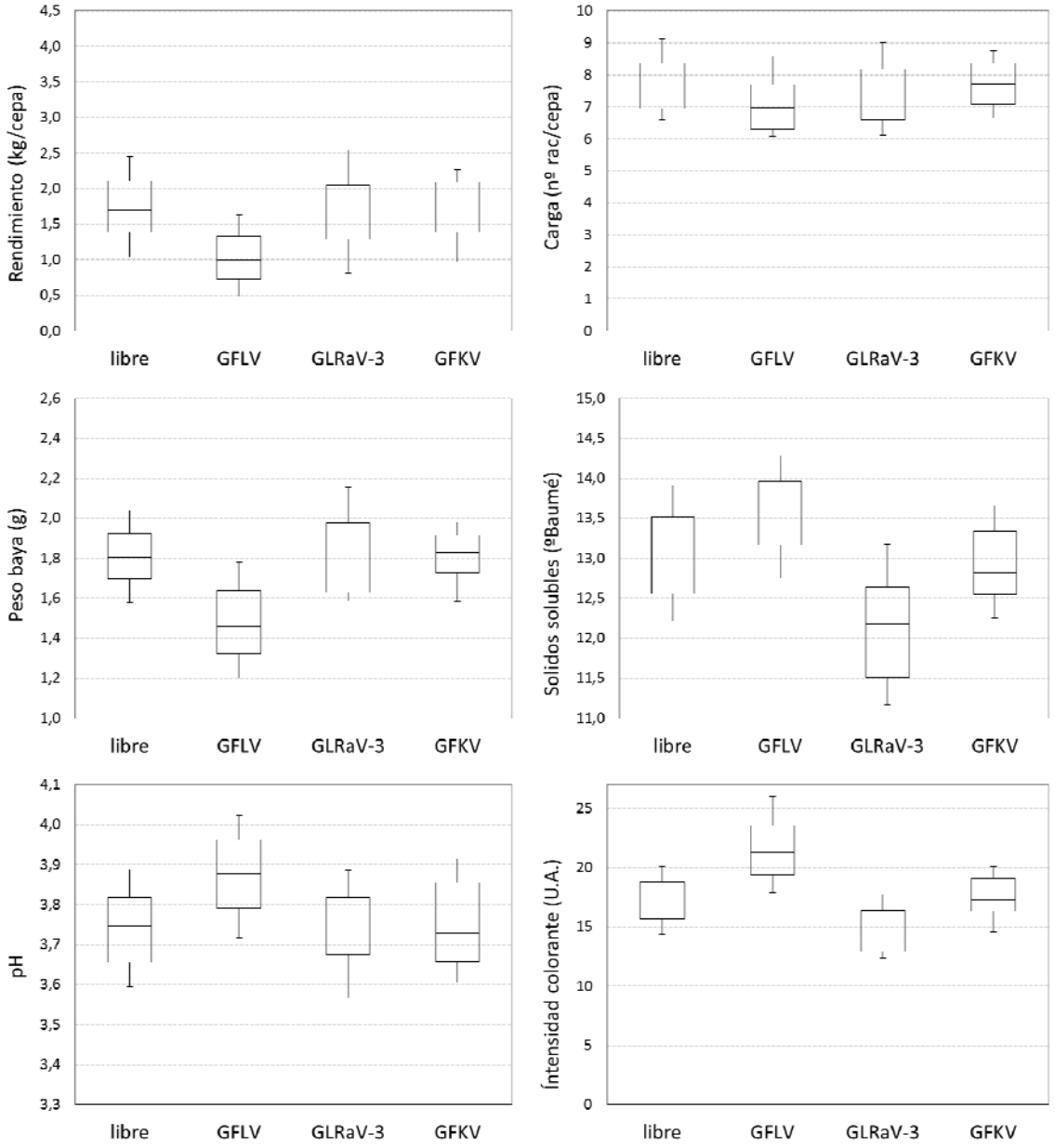


Figura 3. Influencia de la presencia de virus sobre las componentes del rendimiento y sobre la composición de la uva de los biotipos de la variedad Tempranillo. Para cada biotipo se ha considerado el valor promedio observado en las 7 campañas, correspondiéndose los límites de las cajas con los percentiles 25, 50 (mediana) y 75, y las barras con los percentiles 10 y 90.

El entrenudo corto (GFLV) fue el virus que provocó más diferencias, observándose un descenso notable del rendimiento en las plantas infectadas que suponía, de media, un 40% de pérdida de cosecha. Esta reducción del rendimiento fue consecuencia mayoritariamente de una reducción del peso de las bayas y del número de bayas por racimo, siendo mucho menor la incidencia que la presencia de la virosis suponía sobre el número de racimos por cepa. En cuanto a los parámetros cualitativos, la

presencia de GFLV supuso un aumento importante del contenido en sólidos solubles, del pH y de la intensidad colorante, de modo que los valores medios más altos para estos tres parámetros se observaban en las cepas infectadas por este virus.

Para las otras dos virosis consideradas, la presencia de enrollado tipo 3 (GLRaV-3) tuvo más repercusión que la del jaspeado (GFKV) en términos agronómicos (Figura 3). Ninguna de las dos virosis ha supuesto una merma significativa del rendimiento, si bien la presencia de GLRaV-3 implicó una caída importante del contenido en sólidos solubles (1,0º Baumé) y de la intensidad colorante. Por último, destacar que la presencia de GFKV sólo se ha traducido en una ligera merma del contenido en sólidos solubles (0,3 ºBaumé).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos han permitido conocer mejor la respuesta de la variedad Tempranillo a la presencia de los virus considerados gracias a la utilización de una base de datos muy completa. Los efectos perjudiciales observados en el caso del GLRaV-3 destacan por ser claramente inferiores a los descritos en la bibliografía, siendo posiblemente consecuencia de que en nuestro estudio se ha trabajado con plantas relativamente jóvenes, asintomáticas o con síntomas leves, mientras que en la bibliografía se comparan cepas más edad y con síntomas mucho más avanzados (Moutinho-Pereira et al*.,* 2012; Endeshaw et al*.,* 2014).

Agradecimientos

Los trabajos descritos se han realizado en el marco de los siguientes Proyectos: "Selección y mantenimiento en campo de fenotipos del cv. Tempranillo de la D.O.Ca. Rioja; estudio de su contenido fenólico y mejora de su extracción" (1998, CDTI/ADER) y "Creación de un banco de germoplasma de cv. Tempranillo de Rioja. Contenido fenólico de las variedades autóctonas, optimización de la extracción y estabilización". VIN00-043-C3 (2000, INIA).

Referencias

Credi, R., Babini, A.R. (1997). Effects of virus and virus-like infections on growth, yield, and fruit quality of Albana and Trebbiano Romagnolo grapevines. American Journal of Enology and Viticulture, 48, 7-12.

Cretazzo, E., Padilla, C., Carambula, C., Hita, I., Salmerón, E., Cifre, J. (2010). Comparison of the effects of different virus infections on performance of three Majorcan grapevine cultivars in field conditions. Annals of Applied Biology, 156, 1-12.

Endeshaw, S.T., Sabbatini, P., Romanazzi, G., Schilder, A.C., Neri, D. (2014). Effects of grapevine leafroll associated virus 3 infection on growth, leaf gas exchange, yield and basic fruit chemistry of Vitis vinifera L. cv. Cabernet Franc. Scientia Horticulturae, 170, 228-236.

Moutinho-Pereira, J., Correia, C.M., Gonçalves, B., Bacelar, E.A., Coutinho, J.F., Ferreira, H.F., Lousada, J.L., Cortez, M.I. (2012). Impacts of leafroll-associated viruses (GLRaV-1 and -3) on the physiology of the Portuguese grapevine cultivar 'Touriga Nacional' growing under field conditions. Annals of Applied Biology, 160, 237-249.

El cultivo de la vid como sumidero de carbono en La Rioja

I. Funes*[1], R. Savé[1], C. Biel[1], J. Vayreda[2], E. García-Escudero[3], X. Aranda[1] y F. de Herralde[1].

1 Horticultura Ambiental. IRTA. Torre Marimón, 08140, Caldes de Montbui, Barcelona.
*E-mail: immaculada.funes@irta.cat
2 Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF), UAB, 08193, Bellaterra, Barcelona.
3 Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC, UR, Gobierno de La Rioja). Ctra. Mendavia-Logroño NA 134 - km. 90, 26071, Logroño, La Rioja.

Resumen

El cultivo de la vid en la Rioja juega un rol importante en los ámbitos agrícola, social, económico y cultural. Debido a su extensión en el territorio puede presentar un gran papel en la fijación de CO_2 a través de la fotosíntesis y transformación en materia orgánica en la planta (hojas, tronco y raíces), una parte de la cual se quedará almacenado en el terreno. La evaluación de la fijación de carbono en la planta en sistemas agrícolas es una herramienta útil para estimar la capacidad de almacenaje de los cultivos y que está enmarcado en las políticas propuestas a partir del Protocolo de Kyoto. Para ello, se han establecido relaciones entre biomasa u otras variables biométricas y la edad del cultivo, en base a datos propios, de la literatura científica y del registro vitivinícola. En promedio, para el conjunto de la Comunidad Autónoma, el cultivo de la vid almacenaría 9,12 t C·ha^{-1}, lo que daría aproximadamente para el total de hectáreas cultivadas unas 419.793 t C, siendo el Alfaro el municipio que presenta mayores valores (35.405 t C). Los resultados ponen de manifiesto el potencial del cultivo de la vid como fijador de carbono en ambientes mediterráneos.

Palabras clave: Almacenamiento de carbono, estimación de carbono, viñedo.

INTRODUCCIÓN

Los niveles de CO_2 en la atmósfera han aumentado desde la revolución industrial como consecuencia de la actividad humana (IPCC2013). En la biosfera, que actúa absorbiendo y emitiendo CO_2 (Schulze y Heimann, 1998), existen procesos y componentes de los ecosistemas que actúan como sumideros de carbono. Los procesos naturales y determinadas prácticas de gestión pueden reducir o incrementar la cantidad de carbono almacenado en estos sumideros, con tiempos de renovación que van desde las decenas a los cientos de años (madera viva, productos de madera y la materia orgánica del suelo) y esto influye en la evolución temporal del CO_2 atmosférico (Prentice et al., 2001).

La agricultura es una de las mayores fuentes de emisiones de CO_2, (consumo de combustible, descomposición de materia orgánica del suelo y perdida de vegetación natural) (Schlesinger, 2000); sin embargo, el uso de variedades altamente productivas, la gestión de los residuos, los fertilizantes y el riego, y la reducción del laboreo pueden reducir las pérdidas de C a la atmósfera (Blume et al., 1998). Debido a la estigmatización de la agricultura como emisora de gases de efecto invernadero, existe escasa investigación en cuanto a los potenciales beneficios que podría aportar si se gestionan como sistemas

complejos donde se protegen los ecosistemas naturales mientras se suministran otros servicios ecosistémicos (Lovell et al., 2010). En este sentido, la evaluación de fijación de C en sistemas agrícolas podría ser una herramienta útil especialmente en el contexto del Protocolo de Kyoto, las políticas de reducción de las emisiones procedentes de la deforestación y de la degradación de bosques (REDD+) y el Real Decreto163/2014 del MAGRAMA por el que se crea el registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de CO_2, sobre todo en ambientes mediterráneos.

Actualmente, aún existe una gran incertidumbre al hacer aproximaciones del balance del C terrestre a escala global en base a inventarios (Prentice et al., 2001) y por ello, hacen falta estimaciones del almacenamiento de C en la vegetación, incluyendo la agrícola para dar soporte a los inventarios globales, específicas para cada cultivo y región. Además, existen muy pocos estudios que evalúen la capacidad de almacenamiento de C en cultivos leñosos comparado con aquellos llevados a cabo para especies forestales.

Así pues, el cultivo de la vid en ambientes mediterráneos, y específicamente en la Comunidad Autónoma de La Rioja con más de 46.000 ha (Servicio de Registro de Viñedo) puede tener, debido a su presencia en el espacio y en el tiempo, otro servicio ecosistémico potencial como sumidero de C en la parte estructural permanente en una vid, es decir, es la parte leñosa de la planta que va creciendo año tras año.

De esta manera, el objetivo de este trabajo es hacer una estimación del C almacenado en el cultivo de la vid en la Comunidad Autónoma de La Rioja en base a datos propios, de la literatura científica y del registro vitivinícola a nivel de municipio.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las estimaciones de C acumulado en La Rioja se llevaron a cabo en base a dos tipos de relaciones: una de la parte aérea y otra de la parte subterránea de la vid.

Biomasa de la parte aérea

Se recopiló un total de 159 registros de biomasa (peso seco) de la parte aérea estructural (brazos y tronco) que es la parte que permanece en el campo año tras año durante la vida del cultivo. Estos datos provenían de tres tipos diferentes de fuentes: (i) revisión bibliográfica (Saayman y Huyssteen, 1980; Williams y Biscay, 1991; Mullins et al., 1992; Clingeleffer y Krake, 1992; Araujo et al., 1995a,b; Williams et al., 1996; Santesteban y Royo, 2006; Santesteban et al., 2011a,b; Keightley et al., 2011; Williams et al., 2011; Goward, 2012; Escalona et al., 2012; Santesteban, com. pers.), (ii) medidas destructivas de biomasa (84 datos, Cataluña, comarcas del Penedés y Vallés oriental) en diferentes momentos del periodo 2006-2011 y (iii) medidas no destructivas basadas en medidas del volumen (30 datos, Cataluña y Navarra); en este último caso la biomasa de la vid es una estimación procedente de multiplicar el volumen de la vid por la densidad de la madera (0,5 g peso seco/cm^3, medidas propias, datos no publicados). Se trata de un conjunto de datos heterogéneos en cuanto a variedades, marcos de plantación, pie, régimen de cultivo, sistemas de conducción, tipo de suelo, etc. en ambientes mediterráneos. Se estableció la relación entre la biomasa aérea y la edad de las cepas.

Biomasa de la parte subterránea

Dado que no se disponía de la biomasa de la parte subterránea para la mayoría de las cepas utilizadas en el apartado anterior, se calculó la *relación parte aérea/parte*

subterránea de aquellos casos en que sí se disponía del dato (punto ii del apartado anterior). Parte aérea/parte subterránea = 1,7345 edad$^{-0,344}$

Carbono almacenado en los viñedos de La Rioja

A partir de la relación establecida entre biomasa aérea y edad de la cepa se calculó la biomasa aérea correspondiente a la superficie de viñedo en cada municipio en función de las referencias de edad de cultivos recogidos en el Servicio de Registro de Viñedo de La Rioja (edad media del viñedo en cada municipio). La relación parte aérea/parte subterránea permitió calcular la biomasa subterránea promedio para cada municipio y, con ella, la biomasa total. Para transformar este dato en masa de C almacenada por cepa, el contenido en C de la madera de la vid fue considerada como el 45% del peso seco, basándonos en medidas propias y según Munaluna y Miencken (2008). Finalmente, multiplicamos el valor por la densidad de plantación promedio por municipio, recogido también en el Servicio de Registro de Viñedo de La Rioja obteniendo así la biomasa de la parte aérea por hectárea.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para establecer la relación entre biomasa aérea y edad en base a los 159 datos provenientes de diferentes fuentes, los datos se dividieron en dos grupos para obtener un mejor ajuste: cepas hasta los tres años de edad, a las que se ajustó una función exponencial (Biomasa aérea (g) = 9,7947e$^{1,2506\ edad}$, R^2= 0,7601), y cepas de más de tres años, que respondían a una función logarítmica (Biomasa aérea (g) = 1814,9 ln(edad)-1656,8; R^2=0,8088).

Utilizando las densidades de plantación más comunes del territorio, se obtuvieron las estimaciones almacenamiento de C que se muestran en la Figura 1. Se puede observar que en cepas de más de 30 años se podrían acumular de 4 a 12 t C·ha^{-1}, según la densidad de plantación. El valor medio de almacenamiento de C para toda la región riojana resultó ser de 9,12 t C·ha^{-1}, promedio ponderado por superficie estimado en cada de los municipios con superficie de viñedo de La Rioja.

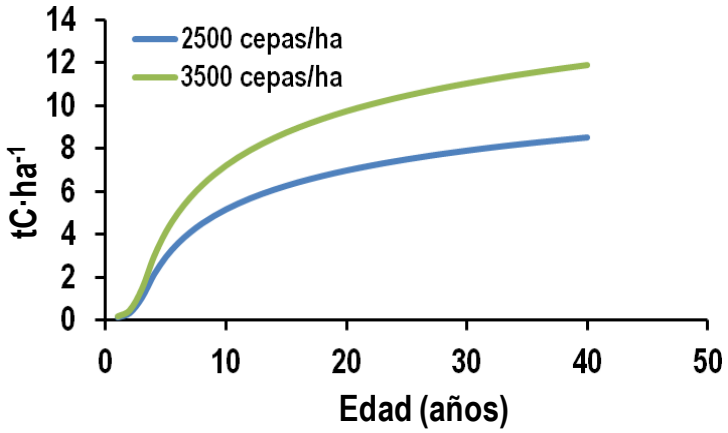


Figura 1. Estimación del almacenamiento medio de carbono (t C·ha^{-1}) en el cultivo de la vid para las densidades de plantación más representativas de La Rioja en función de la edad del cultivo.

Los municipios con mayor densidad de C son Cárdenas, Lardero, y Viguera con más de 11,5 t C·ha^{-1}, debido que la edad media de la superficie de cultivo de vid en estas comarcas es mayor de 30 años. Los resultados mostraron en general para el conjunto de la región un almacenamiento de C en la parte leñosa de la superficie del cultivo de viña de unos 419.793 t, siendo el Alfaro el municipio que presentó el mayor almacenamiento de C, 35.405 t, por ser el municipio con mayor superficie de viñedo de toda la región (10% de la superficie de viñedo en La Rioja) (Figura 2).

Los valores obtenidos en este trabajo para el contenido de C por cepa o por hectárea serían muy similares o del mismo orden de magnitud que los valores publicados para vid (Williams et al., 2011; Keightley, 2011) y otros frutales (Quiñones et al., 2013; Panzaccho et al., 2012), aunque serían siempre menores que aquellos publicados para bosques europeos (Valentini et al., 2000).

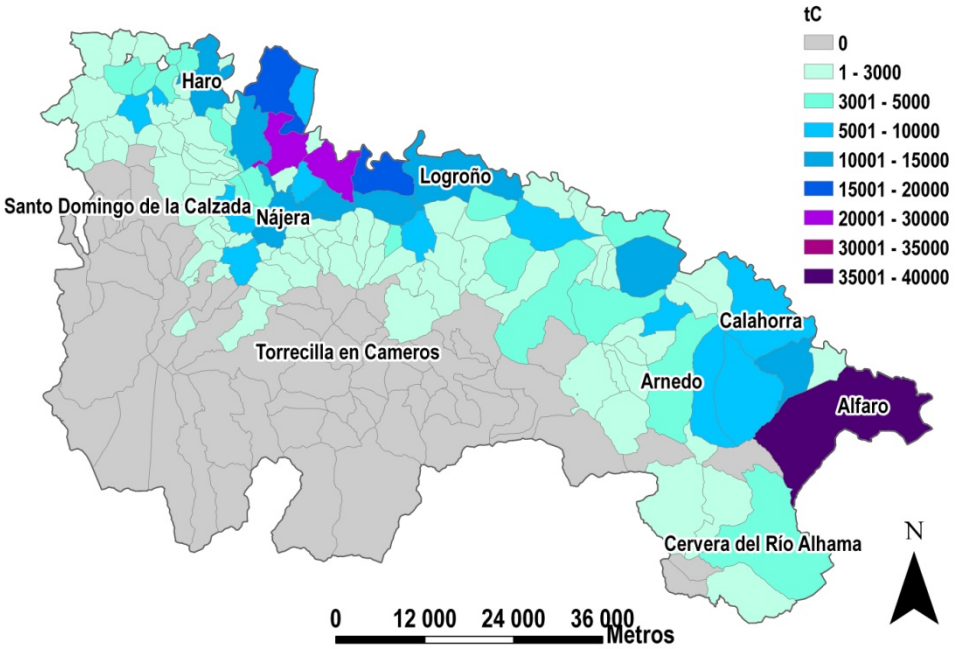


Figura 2. Distribución municipal del carbono (C) almacenado (toneladas) en la parte estructural del cultivo de la vid en la Rioja.

En principio, y hablando en términos de almacenamiento de C, establecer un cultivo de vid es a menudo menos deseable si comparamos con la repoblación forestal. Cálculos similares se han realizado para bosques secundarios aparecidos en Cataluña tras el abandono agrícola u otro tipo de perturbaciones (Funes et al., 2013). Aunque la capacidad de almacenamiento de C en estos bosques es casi un 25% mayor que la de un viñedo de secano, el riesgo asociado de incendio, el escaso valor económico de estas masas y la bajísima productividad del agua, deben tenerse en cuenta a la hora de tomar decisiones que favorezcan los unos o los otros, especialmente en ambientes donde la escasez de agua será una realidad palpable. En dichos ambientes, el papel de los cultivos leñosos tradicionales podría jugar un importante papel en el marco de las políticas REDD+ para aquellos países que no se puedan permitir el almacenamiento de C en masas

forestales a costa de generar otro tipo de desequilibrios ambientales. En estas políticas la protección de la biodiversidad es clave en las negociaciones y también lo habrían de ser el resto de cuestiones ambientales y/o socioeconómicas.

CONCLUSIONES

El viñedo, al igual que otros cultivos leñosos mediterráneos, deben tenerse en cuenta por su elevada productividad, tanto en cantidad como en calidad y por tanto, en valor añadido. A su vez, estos cultivos juegan un papel clave en el mantenimiento de la biodiversidad, la regulación de los flujos de agua y nutrientes y la evitación de incendios forestales. La industria del vino en La Rioja, basada en el tradicional cultivo de la vid, juega un papel substancial en la economía agrícola local y en la ecología del paisaje. Los resultados presentados en este trabajo sugieren que el cultivo de la vid podría también tener un papel en términos de almacenamiento de carbono.

Agradecimientos

Este artículo ha sido posible gracias a la financiación parcial de los proyectos AGL2011-30408-C04-02, AGL2008-04525-C02-02, CGL2011-30300 y ACCUA.

Referencias

Araujo, F., Williams, L.E., Grimes, D.W. Matthews, M.A. (1995a). A comparative-study of young Thompson-seedless grapevines under drip and furrow irrigation .1. Root and soil-water distributions. Scientia Horticulturae, 60, 235-249.

Araujo, F., Williams, L.E., Matthews, M.A. (1995b). A comparative-study of young Thompson-Seedless grapevines (*Vitis vinifera* L.) under drip and furrow irrigation .2. growth, water-use efficiency and nitrogen partitioning. Scientia Horticulturae, 60, 251-265.

Blume, H.P., H. Eger, E. Fleischhauer, A. Hebel, C. ReijSteiner, K.G. (1998). Towards sustainable land use. Advances in Geoecology, 31, 1625pp.

Clingeleffer, P.R., Krake, L.R. (1992). Response of Cabernet franc grapevines to minimal pruning and virus infection. American Journal of Enology and Viticulture, 43, 31-37.

Escalona, J.M., Tomas, M., Martorell, S., Medrano, H., Ribas-Carbo, M., Flexas J. (2012). Carbon balance in grapevines under different soil water supply: importance of whole plant respiration. Australian Journal of Grape andWine Research18, 308-318.

Funes, I., Savé, R., Aranda, X., Molina, A., Batlles, C., Retana, J., Gracia, M., Vayreda, J., Grau, B., de Herralde, F., Biel, C. (2013). Almacenamiento de carbono en la zona de transición agroforestal mediterrànea. II Workshop remedia sobre Mitigación de emisión de gases de efecto invernadero provenientes del sector agroforestal. Zaragoza.

Goward, J.W.M., Rizos C. (2012). Estimating and Predicting Carbon Sequestered in a vineyard with Soil, Surveys, Spatial Data and GIS Management. University of New South Wales.

IPCC (2013) Summary for Policymakers. En: Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Contribution ofWorking Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M.

Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

Keightley, K.E.(2011). Applying New Methods for Estimating in Vivo Vineyard Carbon Storage American Journal of Enology and Viticulture 62, 214-218.

Lovell, S.T., DeSantis, S., Nathan, C.A., Olson, M.B., Mendez, V.E., Kominami, H.C., Erickson, D.L., Morris, K.S., Morris W.B. (2010). Integrating agroecology and landscape multifunctionality in Vermont: An evolving framework to evaluate the design of agroecosystems. Agricultural Systems103, 327-341.

Mullins, M.G., Bouquet, A., Williams, L.E. (1992). Biology of the grapevine. Cambridge University Press, Cambridge, England. 239 p.

Munaluna, F., Meincken, M. (2008) An evaluation of South African fuelwood with regards to calorific value and environmental impact. Biomass and Bioenergy 33:415-420.

Panzacchi, P., Tonon, G., Ceccon, C., Scandellari, F., Ventura, M., Zibordi, M., Tagliavini, M. (2012). Belowground carbon allocation and net primary and ecosystem productivities in apple trees (*Malus domestica*) as affected by soil water availability. Plant Soil, 360, 229-241.

Prentice, I.C., Farquhar, G.D., Fasham, M.J.R., Goulden, M.L., Heimann, M., Jaramillo, V.J., Kheshgi, H.S., Le Quéré, C., Scholes, R.J., Wallace, D.W.R., Archer, D., Ashmore, M.R., Aumont, O., Baker, D., Battle, M., Bender, M., Bopp, L.P., Bousquet, P., Caldeira, K, Ciais, P., Cox., P.M., Cramer, W., Dentener, F., Enting, I.G., Field, C.B., Friedlingstein, P., Holland, E.A., Houghton, R.A., House. J.I., Ishida, A., Jain, A.K., Janssens, I.A., Joos, F., Kaminski, T., Keeling, C.D., Keeling, R.F., Kicklighter, D.W., Kohfeld, K.E., Knorr, W., Law, R., Lenton, T., Lindsay., K., Maier-Reimer, E., Manning, A.C., Matear, R.J., McGuire, A.D., Melillo, J.M., Meyer, R., Mund, M., Orr, J.C., Piper, S., Plattner, K., Rayner, P.J., Sitch, S., Slater, R., Taguchi, S., Tans, P.P. H., Tian, Q., Weirig, M.F., Whorf, T., Yool, A. (2001). The Carbon Cycle and Atmospheric Carbon Dioxide. En: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T., et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Quiñones, A., Martinez-Alcantara, B., Font, A., Forner-Giner, M.A., Legaz, F., Primo-Millo, E., Iglesias D.J. (2013). Allometric Models for Estimating Carbon Fixation in *Citrus* Trees. Agronomy. Journal 105, 1355-1366.

Saayman, D. E., Huyssteen, L.V. (1980). Soil preparation studiets. I. The effects of depth and method of soil and preparation and of organic material on the performance of *Vitis vinifera* (var Chenin blanc) on Huntton/Sterkspruit soil. South African Journal Of Viticulture1, 107-121.

Santesteban, L.G., Royo, J.B., (2006). Water status, leaf area and fruit load influence on berry weight and sugar accumulation of cv. 'Tempranillo' under semiarid conditions. Scientia Horticulturae 109, 60-65.

Santesteban, L.G., Miranda, C., Royo, J.B. (2011a). Regulated deficit irrigation effects on growth, yield, grape quality and individual anthocyanin composition in *Vitis vinifera* L. cv. 'Tempranillo'. Agricultural Water Management98, 1171-1179.

Santesteban, L.G., Miranda, C., Royo, J.B. (2011b). Thinning intensity and water regime affect the impact cluster thinning has on grape quality. Vitis, 50, 159-165.

Schlesinger, W.H. (2000). Carbon sequestration in soils. Science, 284, 2095.

Schulze, E.D., Heimann, M. (1998). Carbon and water exchange of terrestrial ecosystems. En: Asian change in the context of global change [Galloway, J.N. y J. Melillo (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge.

Servicio de Registro de Viñedo de la Comunidad Autónoma de La Rioja (2013).

Sofo, A., Nuzzo, V., Palese, A.M., Xiloyannis, C., Celano, G., Zukowskyj, P., Dichio, B. (2005). Net CO_2 storage in mediterranean olive and peach orchards. Scientia Horticulturae107, 17-24.

Valentini, R., Matteucci, G., Dolman, A.J., Schulze, E.D., Rebmann, C., Moors, E. J., Granier, A., Gross, P., Jensen, N.O., Pilegaard, K., Lindroth, A., Grelle, A., Bernhofer, C. Grünwald, T., Aubinet, M., Ceulemans, R., Kowalski, A.S., Vesala, T. Rannik, Ü., Berbigier, P., Loustau, D., Guðmundsson, Ü., Thorgeirsson, H., Ibrom, A., Morgenstern, K., Clement, R., Moncrieff, J., Montagnani, L., Minerbi, S., Jarvis, P.G. (2000). Respiration as the main determinant of carbon balance in European forests. Nature, 404, 861-865.

Williams, J.N., Hollander, A.D., O'Geen A.T., Thrupp L.A., Hanifin R., Steenwerth K., McGourty, G., Jackson, L.E. (2011). Assessment of carbon in woody plants and soil across a vineyard-woodland landscape. Carbon balance and management, 6, 11.

Williams, L.E. (1996). Grape in photoassimilate distribution in plants and crops. source-sink relationships, New York.

Williams, L.E., Biscay, P.J. (1991). Partitioning of dry-weight, nitrogen, and potassium in Cabernet-Sauvignon grapevines from anthesis until harvest. American Journal of Enology and Viticultura, 42, 113-117.

Estroncio (Sr) acumulado en hojas de viña (*Vitis vinifera* L.) en Castilla-La Mancha

S. Bravo[1,2], J.A. Amorós*[1,2], P.L. Higueras[2], F.J. García[1,2], C. Pérez-de los Reyes[1,2], M. Sánchez[1].

1 Escuela de Ingenieros Agrónomos, Ronda de Calatrava Nº7, 13071, Ciudad Real.
2 Instituto de Geología Aplicada, Plaza Manuel Meca Nº1, 13400, Almadén, Ciudad Real. *E-mail: joseangel.amoros@uclm.es

Resumen

Castilla-La Mancha es una de las regiones vitícolas más importantes y extensas del mundo. La creciente preocupación de los mercados por la calidad y la autenticidad del vino, hace que cada vez tenga más importancia el concepto "terroir" para poner en valor los productos vitivinícolas. Estudiar la composición geoquímica de los suelos, junto con otras propiedades del mismo (como el pH, conductividad eléctrica, contenido en carbonato cálcico, etc.), puede indicar los diferentes elementos químicos presentes en el suelo en el que se cultiva la vid y su disponibilidad para la planta. Uno de los elementos traza que se encuentra en mayor concentración en los suelos vitícolas es el estroncio (Sr). El Sr, por su abundancia relativa y su similitud metabólica con el calcio, se acumula en las paredes vegetales de forma estable y puede ser un buen indicador del origen del suelo en el que se ha cultivado la vid.

La capacidad de la planta para absorber elementos químicos se puede estimar con el coeficiente de bioacumulación, calculado como el cociente entre la concentración del elemento en la planta y su concentración en el suelo. El objetivo de este trabajo es estudiar la absorción del estroncio y su acumulación en hoja de vid. Para ello se han estudiado los contenidos de estroncio de 101 muestras de suelos vitícolas y hoja de vid procedentes de distintos puntos de Castilla-La Mancha, mediante fluorescencia de rayos X. Se ha calculado el coeficiente de bioacumulación de estroncio diferenciando entre órdenes de suelo (clasificados según USDA, a excepción de los calcisoles, clasificados siguiendo el criterio FAO) y valores de pH.

Las correlaciones lineales entre la cantidad de Sr en suelo-hoja encontradas nos permiten establecer diferencias entre los distintos suelos analizados. Así, se han obtenido correlaciones positivas y significativas para, alfisoles (R=0,83), entisoles, (R=0,83) e inceptisoles (R=0,96). Sin embargo, sorprendentemente, no se ha encontrado correlación significativa en calcisoles (R=0,54), debido a la presencia de horizonte petrocálcico.

Palabras clave: Estroncio, bioacumulación, viña, suelo, fluorescencia de rayos X.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la vid en Castilla-La Mancha tiene una gran importancia a nivel nacional e internacional debido a su extensión (521.877 ha). Esta importancia se refleja en las tradiciones y en el impacto económico que el sector vitivinícola tiene en la economía de la región. Existen un total de 11 denominaciones de origen y 7 Pagos que sirven para

incrementan el valor añadido de este sector, lo cual pone de manifiesto la importancia que tiene el "terroir" para la valoración de los vinos (Hugget, 2006; Van Leewen, 2007).

El estudio de la composición geoquímica del suelo nos puede servir para evaluar su fertilidad y la disponibilidad de los nutrientes. Los elementos traza nos aportan información sobre el origen geoquímico del suelo (Kabata-Pendias, 2001) y sobre posibles toxicidades (Conde, 2009; Higueras, 2012).

El metabolismo de los elementos traza en las plantas ha sido ampliamente estudiado (Wild, 1992; Kabata-Penias, 2001;). Sin embargo, cada sistema suelo-planta debe ser investigado en particular ya que pequeñas variaciones pueden dar lugar a grandes diferencias. Se puede afirmar, de manera general, que en la composición de la planta está reflejado el medio donde es cultivada (Kabata-Pendias, 2001; Pessanha, 2010; Chopin, 2008; Censi, 2014) y que los productos obtenidos de dicha planta serán un reflejo de la composición del suelo (Pohl, 2007; Protano, 2014).

El estroncio es un metal muy común en la corteza terrestre (Kabata-Pendias, 2001; Sparks, 2003) debido tanto a la degradación de los minerales naturales que contienen estroncio (esquistos o granitos), sedimentos carbonatados (calizas o margas) (Kabata-Pendias, 2001, West, 2001; Moyen, 2010) o como a actividades antrópicas contaminantes (Moyen, 2010).

La absorción de estroncio por las raíces está relacionada con mecanismos de flujo de masas y difusión del complejo de cambio (Marschner, 2012), aunque el estroncio, de forma similar al calcio, no se transporta con facilidad de las raíces a otras zonas de las plantas (Kabata-Pendias, 2001; Wild, 1992). El estroncio puede competir con el calcio a nivel de absorción y aunque no puede realizar algunas de sus funciones bioquímicas, si que puede sustituirlo en las paredes celulares formando puentes de estroncio en las pectinas ácidas (White, 2000; Marschner, 2012). Todo ello junto a la similitud geoquímica con el calcio (Rollingson, 1993) y la abundancia de éste en los suelos de determinadas regiones hace del estroncio un elemento a estudiar dentro de la región vinícola de Castilla-La Mancha. Con este trabajo profundizaremos en la posibilidad de utilizar el estroncio como indicador geoquímico del suelo en la planta.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se estudiaron 101 suelos distribuidos por las zonas vitícolas más importantes de Castilla-La Mancha. Todos ellos fueron muestreados y descritos siguiendo las normas SCS-USDA (1972) durante los años de 2012 a 2014.

Los perfiles fueron abiertos con máquina retroexcavadora. Las muestras de cada horizonte se depositaron en una bolsa de plástico etiquetada y se transportaron al laboratorio donde se dejaron secar, a temperatura ambiente, durante una semana. Posteriormente, las muestras se tamizaron (<2mm) y se conservaron hasta su posterior análisis.

En cada perfil se señaló la viña más cercana al mismo para tomar muestras de material vegetal. Las hojas fueron tomadas entre los meses de julio a septiembre. Se eligieron 20 hojas maduras de cada cepa de la zona media del sarmiento, con un estado sanitario óptimo.

Una vez en el laboratorio las hojas se secaron en estufa a 40º durante dos semanas, eliminando el peciolo. Posteriormente se molieron en mortero de ágata y se pasaron por un tamiz de 43 μm para su análisis.

Las muestras de suelo se secaron a temperatura ambiente durante una semana y se analizaron las propiedades y características edáficas siguiendo los procedimientos analíticos descritos en SCS-USDA (USDA, 1972). Los suelos han sido clasificados atendiendo a los criterios FAO (2006) y Soil Taxonomy (USDA, 2006).

El estroncio fue determinado mediante fluorescencia de rayos X, utilizando una calibración para elementos traza en un espectrómetro secuencial (Philips Magix Pro con ánodo de Rodio en el tubo de rayos X) el cual puede trabajar con una potencia máxima de 4kW. El control de calidad se evaluó mediante el análisis por duplicado de muestras certificadas (BCR 62, SMR 1573, SMR 1515).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez clasificados, se han encontrado suelos pertenecientes a tres órdenes de la Soil Taxonomy: entisoles, inceptisoles y alfisoles. Los calcisoles son un grupo de suelos pertenecientes a la clasificación FAO (2006), que en la nomenclatura USDA (2006) están incluidos dentro de inceptisoles o alfisoles. Debido a su importancia en Castilla-La Mancha se ha optado por separar estos suelos de los inceptisoles y tratarlos como un grupo diferente. El contenido de estroncio encontrado en los suelos vitícolas estudiados (Tabla 1) es superior al contenido de este metal en los suelos mundiales, pero inferior al presentado por Jiménez Ballesta (2010) para los suelos de Castilla-La Mancha. Mientras, los valores medios encontrados en las hojas son superiores a los valores medios de otras viñas (Amorós et al., 2013) y de otras especies (Kabata-Pendias, 2001).

Tabla 1. Contenidos medios de estroncio en suelos y hojas.

		Contenido Sr (mg/kg)
Suelos	Media suelos estudiados	241,88
	Media regional[(a)]	380,00
	Media mundial[(b)]	220,00
Hojas	Media hojas estudiadas	157,26
	Media vid[(c)]	74,90
	Media otras plantas[(d)]	59,50

[(a)]Datos de elaboración propia a partir de Kabata-Pendias (2001) y Sparks (2003).
[(b)] Jiménez-Ballesta (2010) [(c)] Amorós et al. (2013) [(d)] Kabata-Pendias (2001).

Para un estudio más pormenorizado de los suelos vitícolas regionales, se han agrupado los suelos en cuatro grupos: entisoles, inceptisoles, calcisoles y alfisoles. Los datos relativos a cada grupo de suelos pueden consultarse en la Tabla 2.

El contenido de estroncio encontrado en los suelos calizos (183,06 mg/kg) es inferior al que se esperaba encontrar (por su comportamiento similar al calcio). Sin embargo, la mayor concentración se produce en los inceptisoles (444,65 mg/kg) e incluso es superada en los entisoles (264,34 mg/kg). El contenido de estroncio en los inceptisoles puede deberse bien a la existencia un grupo de suelos con un elevado contendido en yesos y que presentan un elevado contenido en este metal o bien al origen calizo de los suelos incluidos en este grupo. Las concentraciones de estroncio encontradas son acordes a las

publicadas por Protano (2014) para suelos vitícolas de la Toscana, con una media de 165 mg/kg. A su vez los datos obtenidos son superiores a los publicados por Pessanha (2010) para la región del Duero en Portugal.

Tabla 2. Contenido medio de estroncio en suelo y hoja en función del orden de suelo y coeficiente de bioacumulación (BAC). N: número de muestras.

	N	Sr	Sr	BA
Entis	14	264,34	182,39	0,6
Calci	24	183,06	38,44	0,2
Incep	28	444,65	404,63	0,9
Alfis	35	140,91	97,23	0,6

La capacidad de la planta para tomar nutrientes del suelo se puede medir con el coeficiente de bioacumulación (BAC), el cual se calcula como el cociente entre la concentración del elemento en la planta y su contenido en el suelo según la ecuación [1] (Kabata-Pendias, 2001). Aunque puede medirse en cualquier tejido vegetal, en este caso se ha determinado en la hoja. En la figura 1 puede observarse el Coeficiente de bioacumulación (BAC) de estroncio en función del orden de suelo.

$$BAC = \frac{[hoja]}{[suelo]} \qquad [1]$$

Kabata-Pendias (2001) establece que los niveles de BAC para diferentes plantas pueden concentrarse, a nivel mundial, en tres grupos: valores inferiores a 0,1 (nivel de bioacumulación bajo), valores entre 0,1 y 1 (nivel de bioacumulación medio) y valores superiores a 1 (nivel de bioacumulación alto). En nuestro caso los valores encontrados nos indican que el estroncio tiene un nivel de bioacumulación medio.

Los valores de BAC obtenidos para calcisoles (0,21) son inferiores a los presentados por Amorós et al., (2014) para viñedo también cultivados en suelos calizos (0,93), y a los valores obtenidos por los mismos autores para olivar (0,33) en el mismo tipo de suelos. El elevado valor de BAC para los alfisoles se puede explicar debido a que son los suelos en los que la concentración de estroncio es menor.

Se calculó la correlación lineal existente entre las concentraciones en hoja y suelo (Figura 1). La correlación obtenida del conjunto de muestra es significativa y positiva (R=0,85). Diferenciando entre los distintos grupos de suelo, se observa que la correlación obtenida en los calcisoles (R=0,54) no es significativa. Mientras que el resto de órdenes obtienen unas correlaciones significativas y positivas (inceptisoles, R=0,96; entisoles, R=0,83 y alfisoles, R=0,83).

Profundizando en el orden de los calcisoles, los suelos se han divido en dos grupos: un primer grupo con suelos que presentan horizonte petrocálcico y un segundo grupo con suelos que no tienen este tipo de horizonte (Figura 2).

A raíz de esta división se obtiene un correlación significativa de 0,78 para el grupo de los suelos sin horizonte petrocálcico. Sin embargo, no aparece correlación en los suelos con presencia de horizonte petrocálcico. Para intentar explicar este hecho se puede barajar la hipótesis de que el estroncio quede retenido en la cementación que produce el carbonato cálcico en este tipo de horizontes.

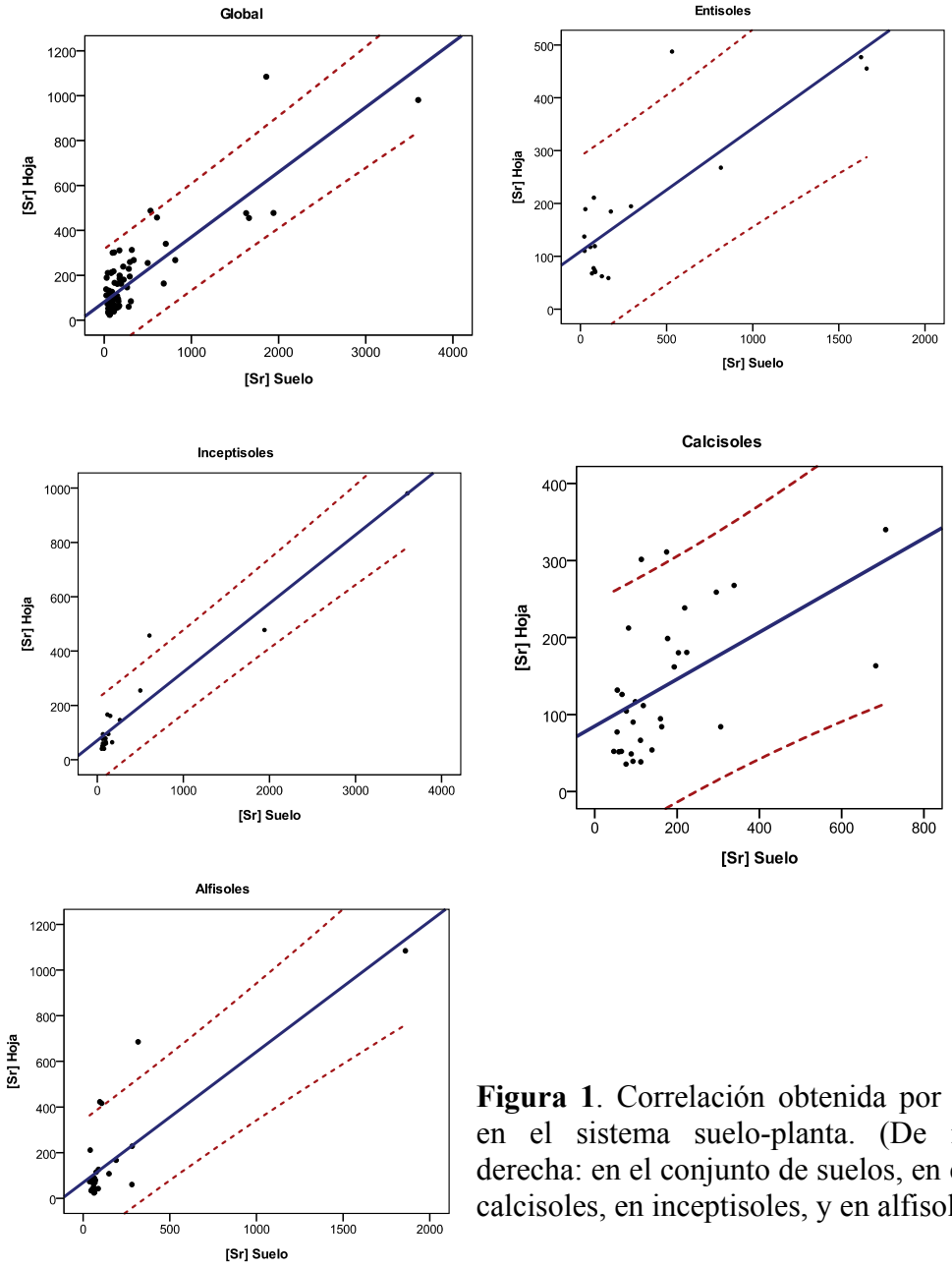


Figura 1. Correlación obtenida por el estroncio en el sistema suelo-planta. (De izquierda a derecha: en el conjunto de suelos, en entisoles, en calcisoles, en inceptisoles, y en alfisoles).

CONCLUSIONES

El estroncio posee una correlación significativa y positiva entre el contenido en el suelo y en hoja en todos los órdenes de suelos estudiados, salvo con aquellos que presentan un horizonte petrocálcico.

Con los resultados obtenidos se puede concluir que el estroncio presenta un comportamiento geoquímico que lo hace ser un candidato prometedor para determinar la huella geoquímica del suelo en el viñedo. No obstante, profundizaremos en trabajos

posteriores en el interés de otros elementos (Ca, Rb, Ba, V, Cr,…) así como en el conocimiento de las relaciones isotópicas de algunos de ellos.

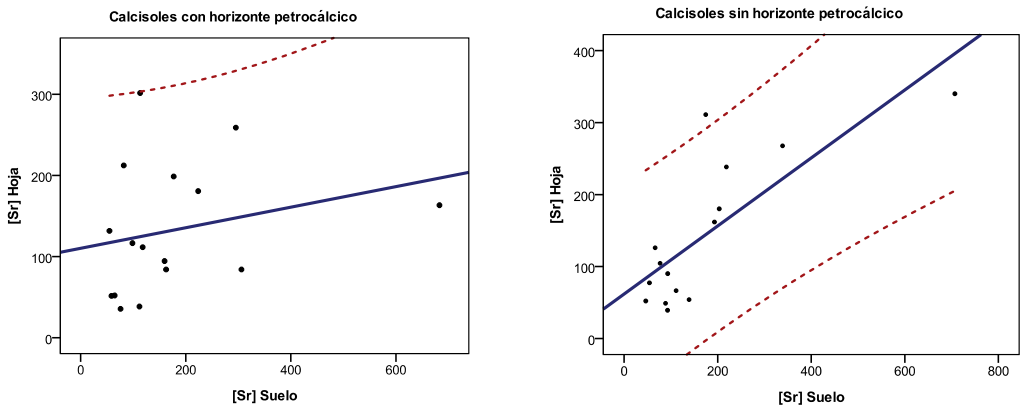


Figura 2. Correlación obtenida por el sistema suelo-planta en suelos cálcicos con horizonte petrocálcico (izquierda) y suelos cálcicos sin horizonte petrocálcico (derecha).

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado mediante los proyectos de investigación PPII10-0063-8230 de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha y CTM2012-33918 del Ministerio de Economía y Competitividad.

Referencias

Amorós, J.A., García-Navarro, F.J., Pérez-de-los-Reyes, C., Campos, J.A., Bravo, S. Jiménez-Ballesta, R., García, R. (2012). Geochemical influence of soil on leaf and grape (Vitis vinifera L. 'Cencibel') composition in La Mancha. Vitis, 51(3), 111-118.

Amorós, J.A., Higueras, P.L., Pérez-de-los-Reyes, C., García-Navarro, F.J., Bravo, S., Losilla, M.L. (2014). Comparative uptake of trace elements in vines and olive trees over calcareous soils in western La Mancha. Proceedings of Congress European Geosciences Union. Vienna. Switzerland.

Censi, P., Saiano, F., Pisciota, A., Tuzzplino, N. (2014). Geochemical behaviour of rare earth in *Vitis vinifera* grafted onto different rootstocks and growing on several soils. Science of the Total Environment, 473-474, 597-608.

Chopin, E.I.B., Marin, B., Mkoungafoko, R., Rigaux, A., Hopgood, M.L., Delannoy, E., Cancès, B., Laurain, M. (2008). Factors affecting distribution and mobility of trace elements (Cu, Pb, Zn) in a perennial grapevine (*Vitis vinífera* L.) in the Champagne región of France. Environmental Pollution, 156, 1092-1098.

Conde, P., Martín, J., De La Horra, J.L., Jiménez Ballesta, R. (2009). Trace elements contens in differents soil of a semiarid mediterranean environment: Castilla-La Mancha, Spain. Fresenius Environment Bulletin, 18, 858-867.

Higueras, P., Amorós, J.A., Esbrí, J.M., García-Navarro, F.J., Pérez-de-los-Reyes, C., Moreno, G. (2012): Time and space variations in mercury and other trace elements

contents in olive tree leaves from the Almadén Hg-mining district. Journal of Geochemical Exploration, 123, 143-151.

Huggets, J.M. (2006). Geology and wine: a review. Proceeding of the Geologists Association, 117, 239-247.

Jiménez Ballesta, R., Conde, P., Martín, J.A., García, R. (2010). Pedo-geochemical baselines content level and soil quality reference value of trace elements in soil from de Mediterranean (Castilla-La Mancha). Central European Journal of Geoscence, 2 (4), 441-454.

Kabata-Pendias, A. (2001). Trace elements in soil and plants, third ed. CRC Press, Boca Ratón, USA, 413 pp.

Marschenr, P. (2012). Nutrition of higer plants. 3ª edición. Ed. Elservier.

Moyen, C., Roblin, G. (2010). Uptake and translocation of strontium in hydroponically grown maize plants, and subsequent effects on tissue ion content, growth and chorophyll a/b ratio: comparison with Ca effects. Environmental and Experimental Botany, 28, 247-257.

Pessanha, S., Carvalho, M.L., Becker, M., Von Bohlen, A. (2010). Quantitative determination on heavy metals in different stages of wine production by total reflection x-ray fluorescence and energy dispersive x-ray fluorescence: Comparation on two vineyard. Food Chemistry, 112, 26-34.

Pohl, P. (2007). What do metals tell us about wine?. Trends in Analitical Chemistry, 26, 941-949.

Porta, J., Lopez-Acevedo, M., Rodriguez, R. (1986). Técnicas y experimentos en edafología. C.O.I.A.C., Barcelona.

Prontano, G., Rossi, S. (2014). Relationship between soil geochemistry and grape composition in Tuscany (Italy). Journal of Plant Nutrition and Soil Science, DOI 10.1002/jpln.201300055

SCS-USDA. (1972). Soil survey investigation reports Nº1. Soil survey laboratory methods and procedures for collecting soil samples. US Govern. Printing Office, Washington.

Sparks, D.L. (2003). Environmental soils chemistry. University of Delaware, 367 pp.

Van Leewen, C. (2007). Climate as a terroir component. Proceeding of Clime and Viticulture. Zaragoza.

West, H.K., Davies, M.S., Morgan, A.J., Herbert, R.J. (2001). The relationships between Sr and Ca accumulation in the major constituents of a terrestrial community residen ton a celestitic (SrSO4) soil in S.W. England. European Journal of Soil Biology, 37, 333-336.

White, P.J. (2000). Calcium channels in higher plants. Biochimica et Biophysica Acta, 1465, 171-189.

Wild, A. (1992). Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Ed. Mundiprensa. Madrid.

Influencia del manejo del suelo en viñedo sobre la población de hongos filamentosos

M. Pérez-Moreno[2], C. Menéndez[2], V. Marco[1], I. Pérez-Moreno[1], M.M. Hernández*[1].

1 Departamento de Agricultura y Alimentación, CCT, Universidad de La Rioja. C/ Madre de Dios, 51, 26006, Logroño, La Rioja.
*E-mail: mara.hernandez@unirioja.es
2 Instituto de la Vid y el Vino (ICVV-CSIC). C/ Madre de Dios, 51, 26006, Logroño, La Rioja.

Resumen

Los microrganismos del suelo no solo juegan un papel clave en la fertilidad del suelo y en la capacidad de respuesta al estrés de los ecosistemas, tambien ayudan a mantener el cultivo protegido contra parásitos. El incremento de enfermedades producido por patógenos del suelo en cultivos como la vid se ha relacionado con la pérdida de biodiversidad de los agroecosistemas. La conservación del suelo y la implementación de prácticas agrícolas mas racionales son objetivos fundamentales en la agricultura actual; el desarrollo de sistemas agroforestales, que combinan con el cultivo, árboles, arbustos y/o animales en las mismas áreas simultánea o alternativamente, es una de las propuestas más aceptadas. En este contexto, el estudio de la dinámica de la población fúngica en suelos agrícolas manejados con diferentes prácticas puede proporcionar información útil con el fin de incrementar la biodiversidad de los agroecosistemas. El objetivo de este trabajo fue evaluar la diversidad fúngica en suelos de viñedo con laboreo y con cubierta vegetal.

Las muestras de suelo se obtuvieron en la Finca de La Grajera por triplicado en cada una de las cuatro estaciones del año 2012. La diversidad fúngica se evaluó mediante cultivo *in vitro* usando el método de las diluciones y la identificacion taxonómica hasta genero se hizo a través del microscopio óptico (x100). Los resultados obtenidos mostraron que la poblacción total permanecia estable a lo largo de las estaciones y entre los suelos con cubierta y sin cubierta, siendo del orden de 1-2 x 10^5 ufc/g de suelo. Los índices de diversidad, Shanon-Weiber y riqueza (nº de morfotipos), fueron mas altos en las muestras con cubierta que en las de laboreo en las estaciones de invierno, primavera y verano; los índices de Shanon fueron del orden de 4 y 3.5 para cubierta y laboreo respectivamente y los de riqueza de 23 y 15 respectivamente., estos valores representan un nivel de diversidad media-alta. En otoño no hubo diferencias entre los dos sistemas, con valores similares a los de laboreo. La mayoria de los aislados pertenecían a la clase Deuteromycete, los géneros Aspergillus, Penicillium, Fusarium, Alternaria, Paecilomices y Rhizopus fueron los mas abundantes, siendo los tres primeros los que mayor número de morfotipos presentaron. Las limitaciones de este método para la identificación, hace interesante complementar este trabajo con estudios genéticos.

Palabras clave: hongos filamentosos, diversidad, riqueza, sistema agroforestal.

Influencia de la radiación ultravioleta en la composición fenólica de hollejos de vid (variedad Pinot Noir): una aproximación paneuropea

M.A. del Castillo*[1], K. Csepregi[2], B. Hartman[2], É. Hideg[2], M.A.K. Jansen[3], G. Jakab[2], T. Jug[4], L. Llorens[5], J. Martínez-Lüscher[6], L. Monforte[1], S. Neugart[7], A. Ranieri[8], K. Schödl-Hummel[9], M. Schreiner[7], G. Soriano[1], J. Soukupova[10], P. Teszlák[2], S. Tittmann[11], O. Urban[10], G. Zipoli[12], J. Martínez-Abaigar[1] y E. Núñez-Olivera[1]

1 Universidad de La Rioja. C/Madre de Dios 51, 26006, Logroño, La Rioja (España).
*E-mail: marianlog@hotmail.com
2 Institute of Biology, University of Pécs, 7624 Pécs (Hungría).
3 School of Biological, Environmental and Earth Sciences, University College Cork, Cork (Irlanda).
4 Agricultural and Forestry Institute of Nova Gorica, 5270 Nova Gorica (Eslovenia).
5 Departamento de Ciencias Ambientales, Univ. de Girona, 17071, Girona (España).
6 INRA, Institut des Sciences de la Vigne et du Vin, 33882, Villenave d'Ornon (Francia).
7 Leibniz-Institute of Vegetable and Ornamental Crops Großbeeren/Erfurt e.V., 14979, Grossbeeren (Alemania).
8 Department of Agriculture, Food and Environment, University of Pisa, 56124, Pisa (Italia).
9 Department of Crop Sciences, BOKU - University of Natural Resources and Life Sciences, 3430, Tulln (Austria).
10 Global Change Research Center, 60300, Brno (República Checa).
11 Institute for General and Organic Viticulture, Geisenheim University, 65366, Geisenheim (Alemania).
12 CNR-IBIMET, 50144, Firenze (Italia).

Resumen

Dentro de la Acción COST FA0906 "UV4growth", financiada por la Unión Europea, se creó la Red GUN (Grapevine Ultraviolet Network) para desarrollar proyectos conjuntos sobre la vid y su relación con la radiación ultravioleta (UV). La presente comunicación muestra los resultados de uno de estos proyectos, coordinado desde la Universidad de La Rioja. Se muestrearon bayas de vid (variedad Pinot Noir) en 11 localidades situadas a lo largo de un amplio gradiente latitudinal que cubría la distribución de dicha variedad en el continente europeo. El muestreo incluyó localidades de España, Francia, Italia, Hungría, Austria, Eslovenia, la República Checa y Alemania, lo que representaba un gradiente de 14º de latitud (36º-50º) y una distancia lineal de aproximadamente 1500 km. Las bayas se recolectaron desde el 31 de Julio al 22 de Octubre de 2013, fechas correspondientes a la vendimia comercial en las distintas localidades, seleccionando frutos con un nivel similar de madurez en términos de grados Brix. Se obtuvieron los hollejos, se liofilizaron y molieron, y se analizaron compuestos fenólicos importantes para la calidad del vino: 3 ácidos cinámicos, 2 estilbenos, 5 antocianinas, 14 flavonoles, 3 flavanoles y 2 flavanonoles. También se analizó la absorbancia UV total de los extractos metanólicos de los hollejos. Para cada localidad se obtuvieron diversos datos ambientales a lo largo del periodo de cultivo, desde la brotación de yemas hasta la vendimia (radiación UV y global recibidas, temperatura y precipitación), y se realizó un análisis de correlaciones entre las variables fisiológicas y las

ambientales. Existía una correlación negativa entre la absorbancia UV total y la latitud, con los valores de absorbancia más altos en España y los más bajos en Eslovenia y la República Checa. Se encontraron grandes diferencias entre las localidades en lo que respecta a la mayoría de familias fenólicas, y los flavonoles, flavanonoles y estilbenos mostraron una correlación negativa con la latitud. Además, los flavanonoles y estilbenos estaban correlacionados positivamente con la radiación global. En conclusión, la composición fenólica de los hollejos de la variedad Pinot Noir varió notablemente a lo largo del gradient latitudinal considerado, lo que puede influir en la calidad del vino elaborado. Sería necesario emprender experimentos manipulativos de la radiación recibida por las bayas, para establecer más claramente los factores ambientales responsables de estos cambios y la influencia específica de la radiación UV.

Palabras clave: vid, Pinot Noir, composición fenólica, radiación ultravioleta, gradiente latitudinal.

Efecto de distintos escenarios de cambio climático en el crecimiento y la maduración de bayas de Tempranillo tinto y blanco

T. Kizildeniz[1], I. Mekni[1], I. Pascual[1], J.J. Irigoyen[1], F. Morales*[1,2].

1 Grupo de Fisiología del Estrés en Plantas (Dpto. de Biología Ambiental), Unidad Asociada al CSIC, EEAD, Zaragoza e ICVV, Logroño. Facultades de Ciencias y Farmacia, Universidad de Navarra, Irunlarrea 1, 31008, Pamplona.
*E-mail: fmorales@unav.es
2 Estación Experimental de Aula Dei (EEAD). CSIC. Dpto. Nutrición Vegetal. Apdo. 13034, 50080, Zaragoza.

Resumen

Los invernaderos de gradiente térmico permiten estudiar los efectos del cambio climático en las plantas. En dichas instalaciones se pueden analizar los efectos del aumento de CO_2, el aumento de temperatura, la sequía, etc. de forma independiente o en interacción. En estudios realizados con este tipo de invernaderos, se observó que el aumento de CO_2 estimulaba especialmente el crecimiento vegetativo de esquejes fructíferos de vid (*Vitis vinifera* L.) de dos variedades de Tempranillo (tinto y blanco), siendo el efecto menor en el crecimiento reproductor. Sin embargo, el tiempo de maduración de las bayas sí se vio significativamente afectado por los factores de cambio climático estudiados. Por ello, en el presente estudio se han analizado los cambios que se producen en el crecimiento y la maduración de las bayas desde el cuajado hasta la madurez en distintos escenarios de cambio climático definidos por el aumento de CO_2, el aumento de temperatura y la sequía, en las variedades tinta y blanca de Tempranillo. Se aplicaron ocho tratamientos distintos combinando dos concentraciones de CO_2 (ambiente de 380 frente a 700 μmol mol^{-1}), dos temperaturas (ambiente frente a ambiente +4ºC), y dos niveles de riego (bien regadas frente a una sequía cíclica). Se realizaron cinco cosechas: preenvero, envero, una semana después del envero, dos semanas después del envero, y la madurez (21 a 23ºBrix). Se analizaron el peso fresco de cien bayas, y los parámetros de madurez (ºBrix, pH, y concentraciones de ácido málico y tartárico). En general, los efectos de los distintos escenarios de cambio climático en la maduración fueron más evidentes en la variedad tinta que en la blanca. El peso de cien bayas, los ºBrix y el pH tendieron a aumentar en condiciones de cambio climático, mientras que las concentraciones de ácido málico y tartárico disminuyeron. Los efectos de los distintos factores del cambio climático estudiados en la maduración, por lo general, no fueron aditivos. Se concluye, que el proceso de crecimiento y la maduración de las bayas de vid de Tempranillo se aceleraron por los distintos escenarios de cambio climático estudiados, que estos efectos no fueron aditivos y afectaron más a la variedad tinta de Tempranillo.

Palabras clave: Cambio climático, Maduración, *Vitis vinifera.*

Agradecimientos: Asociación de Amigos de la Universidad de Navarra (Beca Predoctoral T. Kizildeniz). IAMZ CIHEAM (Beca de Máster I. Mekni). Proyecto Europeo (INNOVINE Call FP7-KBBE-2011-6, Proposal Nº 311775), Ministerio Español de Economía y Competitividad (MINECO BFU2011-26989). Muchas gracias a M. Oyarzun, A. Urdiain y H. Santesteban por su magnífico trabajo técnico.

Sesión Técnica 4:

Gestión agronómica del viñedo. Técnicas de cultivo.

Moderador:

Javier J. Cancela Barrio
(Univ. Santiago de Compostela)

Influencia de tratamientos prevendimia con etefón y metil jasmonato sobre el color del vino cv. Sauvignon blanc

L. Uzquiza, R. González, M.R. González, J.M. Marcos y P. Martín*.

Dpto. de Producción Vegetal y Recursos Forestales. ETSIIAA. Universidad de Valladolid. Avda. de Madrid, 57. 34004 Palencia. *E-mail: pmartinp@pvs.uva.es

Resumen

Diferentes estudios han demostrado que la aplicación de agentes de abscisión como el etefón y el metil jasmonato antes de la recolección favorece el desprendimiento de las uvas y la cicatrización de la zona de unión con el pedicelo. Con ello se puede reducir el daño físico ocasionado a las bayas, y el volumen de mosto liberado durante la vendimia mecanizada, evitando procesos de oxidación indeseables previos a la entrada de la uva en la bodega. Es interesante valorar el impacto que finalmente pueden tener estos tratamientos sobre el contenido polifenólico y las características cromáticas del vino. El objetivo de este trabajo ha sido evaluar los efectos de la aplicación de etefón y metil jasmonato sobre el rendimiento de la vendimia, el contenido fenólico y la estabilidad oxidativa del vino. Para ello se ha realizado un ensayo en un viñedo cv. Sauvignon blanc ubicado en la D.O Rueda. En un diseño completamente aleatorizado de tipo factorial con 3 repeticiones, se han combinado tipo de vendimia (manual frente a mecánica) y aplicación de agentes de abscisión (1.000 $g \cdot L^{-1}$ de etefón más 8.960 $g \cdot L^{-1}$ de metil jasmonato, pulverizados sobre los racimos 10 días antes de la recolección, frente a controles sin tratar). Con la cosecha de cada tratamiento se realizaron microvinificaciones de 10 kg de uva siguiendo el método de elaboración tradicional en la zona. Finalmente se llevó a cabo un test de pardeamiento de los vinos, sometiéndolos en una estufa a 50ºC durante 48 horas. La aplicación de fitorreguladores redujo en un 13% la fuerza de desprendimiento del fruto y tendió a incrementar la presencia de cicatriz en la zona de abscisión frente a los testigos sin tratar, sin que estos efectos se tradujeran en una reducción de la liberación de mosto ni en una mayor proporción de uva caída al suelo durante le vendimia mecanizada. Con independencia del tipo de vendimia empleada, los vinos procedentes de tratamientos con agentes de abscisión presentaron un mayor índice de polifenoles totales y una coloración amarilla más intensa que los testigos (7 y 30% respectivamente). Después de la oxidación forzada, la absorbancia a 420 nm de los vinos no mostró diferencias significativas entre tratamientos y controles ni en vendimia manual, ni en vendimia mecanizada. Estos resultados apuntan a que los agentes de abscisión estudiados no tendrían ningún efecto sobre la estabilidad oxidativa de los vinos cv. Sauvignon blanc.

Palabras clave: Abscisión, polifenoles, reguladores del crecimiento, vendimia mecanizada.

INTRODUCCIÓN

La mecanización de la vendimia supone una reducción importante de costes de cultivo del viñedo y permite, frente a la recogida manual, ajustar la recolección a los puntos óptimos de madurez de la uva al realizarse en menos tiempo. Sin embargo, la

máquina vendimiadora al golpear los racimos provoca rotura de bayas y liberación de mosto, viéndose favorecidos procesos de oxidación y fermentaciones incontroladas en la cosecha antes de su entrada en bodega, que acaban repercutiendo negativamente en la las características sensoriales del vino (Nagel y Graber, 1988; Allen et al., 2011). Por otra parte, Arfelli et al. (2010) han observado que los vinos procedentes de vendimia manual son menos sensibles a la oxidación que los de vendimia mecanizada.

Numerosos estudios han demostrado que liberadores de etileno como el etefón (acido 2-cloroetil fosfónico) y el metil jasmonato, aplicados en los racimos a comienzos de la maduración, elevan el contenido fenólico y la intensidad colorante de mostos y vinos (Szyjewicz et al., 1984; Ruiz-García et al., 2012). Aplicados unos días antes de la vendimia, estos reguladores de crecimiento han sido capaces de promover el desprendimiento de la uva y la cicatrización de la zona de abscisión en diferentes cultivares de vid (Szyjewicz et al., 1984; Fidelibus et al., 2007; González-Herranz et al., 2009; Uzquiza et al., 2013a, 2013b). Estos productos podrían permitir a las vendimiadoras asumir regímenes de trabajo menos enérgicos, para disminuir los daños infringidos a las bayas y la liberación de mosto, lo que contribuiría a mejorar la calidad de la cosecha.

En aplicaciones combinadas, el etefón (1000 $mg \cdot L^{-1}$) y el metil jasmonato (8960 $mg \cdot L^{-1}$) han demostrado tener un efecto aditivo sobre la fuerza de desprendimiento del fruto y la formación de tejido cicatricial en la zona de abscisión en vides cv. Sauvignon blanc (Uzquiza et al., 2013b). El objetivo de este trabajo ha sido estudiar los efectos de estos tratamientos sobre el mosteo y las pérdidas de cosecha en el proceso de vendimia mecanizada, y sobre el contenido polifenólico y la coloración del vino.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha llevado a cabo un ensayo de campo en un viñedo cv. Sauvignon blanc/110 Richter localizado en Villaverde de Medina (Valladolid), durante la campaña de 2013. Las cepas, plantadas en 2003 en un marco de de 3,0 x 1,5 m, se conducen en espaldera en doble Guyot, y cuentan con riego localizado. El suelo es neutro, franco arenoso, y pobre en materia orgánica. Las técnicas de cultivo aplicadas fueron las habituales en la zona.

En un experimento de tipo factorial, se combinaron dos variables, la aplicación de agentes de abscisión (1.000 $mg \cdot L^{-1}$ más 8.960 $mg \cdot L^{-1}$ de metil jasmonato frente a controles sin tratar) y el tipo de vendimia (manual y mecanizada), empleando un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones. Las parcelas elementales fueron de 5 cepas en los tratamientos de vendimia manual y de 10 cepas en los tratamientos vendimiados mecánicamente.

Los tratamientos se aplicaron sobre los racimos diez días antes de la vendimia, cuando las bayas habían alcanzado un contenido en sólidos solubles de 22,2º Brix (17 Septiembre 2013), empleando un pulverizador manual que gastó una media de 0,20 L de caldo por cepa. Los productos empleados fueron Ethrel 48 (etefón 48% w/v, Nufarm España SA) y metil jasmonato (95% pureza, Sigma-Aldrich). Todas las soluciones incluyeron como coadyuvante PG Supermojante 1%v/v (alquifenol etoxilado/propoxilado 99,6% w/w; Dow AgroSciences Ibérica, SA).

El día de vendimia se recogieron al azar 30 racimos control y 30 racimos tratados con agentes de abscisión, y en cada uno de ellos se tomaron 6 bayas con su pedicelo para

medir de la fuerza de desprendimiento del fruto, haciendo uso de un dinamómetro DS2-5N (Imada, Northbrook, USA). Para evaluar la cicatrización en la zona de abscisión, se recogieron otros 15 racimos control y 15 racimos tratados, se sacudieron manualmente, y se anotó la proporción en peso de bayas que presentaban cicatriz seca en el punto de inserción del pedicelo.

La recolección mecanizada se ha realizado con una vendimiadora Gregoire G-152 de 167 CV, fijando la frecuencia de los sacudidores en 410 golpes·min^{-1} y la velocidad de avance en 3,5 km·h^{-1}. Se ha determinado el porcentaje de mosto presente en la pasta vendimiada y se han controlado las pérdidas de cosecha en el proceso, sumando el peso de las bayas caídas al suelo (sobre una lona de plástico colocada previamente) y el peso de las que quedaban en la planta sin recoger después del paso de la máquina. Se añadió 120 mg·kg^{-1} de metabisulfito potásico al producto recogido por la vendimiadora.

En cada uno de los tratamientos experimentales se ha realizado una microvinificación a partir de 10 kg de uva previamente despalillada, o de 10 kg de pasta en el caso de vendimia mecanizada. Para extraer el mosto se ha utilizado una prensa neumática a 2 bares de presión. Después de corregir el sulfuroso, el mosto se mantuvo a 5ºC durante 24 horas para desfangarlo. La fermentación alcohólica se llevó a cabo en recipientes de vidrio de 4 L de capacidad, colocados dentro de una cámara con temperatura constante a 17ºC, añadiendo levaduras *Saccharomyces cereviseae* (Zymaflore X16, Laffort, Laguardia, España). La fermentación se dio por terminada cuando los vinos mantenían una densidad menor de 995 g·L^{-1} y una concentración de azucares reductores menor de 4 g·L^{-1} en glucosa. Después de la corrección de sulfuroso y la estabilización tartárica, se tomaron 50 ml de vino de cada tratamiento experimental para su análisis.

Se ha determinado el contenido en sólidos solubles, el pH y la acidez total de mostos y vinos, siguiendo los métodos oficiales de análisis (European Commission, 1990). También se midieron las absorbancias a 280 y 420 nm, relacionadas con el índice de polifenoles totales y la coloración amarilla respectivamente, empleando un espectrofotómetro UV/VIS Jasco V-530.

Finalmente, los vinos se sometieron a un test de pardeamiento, introduciéndolos en una estufa a 50ºC durante 48 horas. La estabilidad oxidativa se valoró como la diferencia entre la absorbancia a 420 nm antes y después de la oxidación.

Para el tratamiento estadístico de los datos se utilizaron análisis factoriales de la varianza (ANOVA) y el test T de Student para las comparaciones de dos medias de muestras independientes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En concordancia con resultados obtenidos con anterioridad (Uzquiza et al., 2013b), la aplicación combinada de etefón y metil jasmonato ha ejercido un efecto reductor de la fuerza de desprendimiento del fruto, diez días después del tratamiento, del 13% y ha tendido a incrementar el porcentaje de bayas con cicatriz continua y seca en la zona de abscisión frente a los controles. Sin embargo, estos efectos no han tenido repercusión significativa en la proporción de mosto liberado ni en las pérdidas de cosecha en la vendimia mecanizada ocasionadas por una caída prematura de bayas (Tabla 1).

Tabla 1. Fuerza de desprendimiento del fruto (FDF), pérdidas de cosecha en la vendimia mecanizada, bayas cicatrizadas y mosteo (proporción en peso en la pasta recogida) en los tratamientos con agentes de abscisión y en los testigos sin tratar.

Tratamiento	FDF (N)	Perdidas (%)			Bayas con cicatriz seca (%)	Mosteo (%)
		Planta	Suelo	Total		
Control	2,057	3,54	1,32	4,87	0,0	24,5
Ag. Abscisión	1,799	2,64	2,62	5,26	20,3	25,1
Significación	*0,04*	*0,48*	*0,12*	*0,81*	*0,18*	*0,45*

Tabla 2. Valores de F del análisis factorial de la varianza de diferentes parámetros de composición de mostos y vinos en función del tratamiento (aplicación de agentes de abscisión frente a controles sin tratar) y del tipo de vendimia (manual frente a mecánica).

Parámetros	Fuente de variación		
	Modelo	Tratamiento	Tipo de vendimia
Mosto			
Brix	5,91 *	11,43 **	0,39
pH	4,13 *	0,92	7,35 *
Acidez total	0,01	0,01	0,01
A280	31,2 **	30,67 **	31,74 **
A420	6,38 *	10,82 **	1,94
Vino			
pH	7,61 *	3,05	12,18 **
Acidez total	0,58	0,51	0,64
A280	23,61 **	6,68 *	40,55 **
A420	4,73 *	6,12 *	3,35

Significación *: p<0,05; **: p<0,01.

Los análisis factoriales de la varianza de los parámetros de composición del mosto y el vino no mostraron interacciones significativas al 5% entre las fuentes de variación consideradas. Los valores de F obtenidos con modelos aditivos (Tabla 2) han mostrado que los agentes de abscisión modificaron significativamente el contenido en sólidos solubles del mosto (22,2º Brix en los tratamientos frente a 24,1º en los controles sin tratar), mientras que el pH fue diferente en un modo de recolección u otro (3,43 en vendimia mecánica frente a 3,32 en vendimia manual). Los resultados de la Tabla 2 reflejan también un efecto aditivo de los agentes de abscisión y del tipo de vendimia sobre el índice de polifenoles totales y la intensidad colorante del mosto. Estos resultados contrastan con los de Fidelibus et al. (2007) y Uzquiza et al. (2013a), donde los tratamientos prevendimia de etefón y metil-jasmonato apenas modificaron los parámetros de composición de la uva.

Con independencia del tipo de vendimia, los mostos procedentes de uvas tratadas con agentes de abscisión presentaron un mayor índice de polifenoles totales que los controles (Tabla 3). Esto demuestra que el transcurso de tan solo diez días desde la aplicación es suficiente para que el etileno liberado como consecuencia de la aplicación de los productos incremente el contenido fenólico, del mismo modo a lo que ocurre con tratamientos en torno al envero (Gallegos et al., 2006; Ruiz-García et al., 2012). Los

tratamientos con agentes de abscisión dieron mostos más oxidados que los testigos, con valores de absorbancia a 420 nm mayores, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas en el caso de vendimia mecanizada (Tabla 3).

Tabla 3.Valores medios de absorbancia a 280 y 420 nm de mostos y vinos, y valores de absorbancia a 420 nm de los vinos, una vez sometidos a oxidación forzada en estufa (A420ox), en los distintos tratamientos experimentales estudiados.

		Mosto		Vino		
Vendimia	Tratamiento	A280	A420	A280	A420	A420ox
Manual	Control	12,52 b	1,37 b	9,09 a	0,20 a	0,36 a
	Ag.abscisión	14,13 a	1,74 a	9,63 a	0,26 a	0,33 a
Mecánica	Control	14,16 b	1,35 a	10,82 a	0,24 a	0,45 a
	Ag.abscisión	15,54 a	1,53 a	11,91 a	0,32 a	0,48 a

Para un mismo tipo de vendimia, valores con distinta letra son significativamente diferentes ($p<0,05$).

Los vinos correspondientes a vendimia mecanizada registraron un índice de polifenoles totales un 20% superior a los valores de vendimia manual ($p<0,05$), en concordancia con Noble et al. (1975) y Arfelli et al. (2010), aunque estos no se tradujo en diferencias estadísticamente significativas en la intensidad colorante (Tablas 2 y 3).

Los vinos elaborados con uvas tratadas presentaron una absorbancia a 420 nm mayor que los testigos (0,29 frente a 0,22, $p<0,05$). Sin embargo, los valores finales de intensidad de color, después del test de pardeamiento (Tabla 3), no fueron diferentes ni en función de los tratamientos aplicados ni del tipo de vendimia. Desde este punto de vista, podemos considerar que ninguno de estos dos factores ha afectado la estabilidad oxidativa del vino.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que la reducción de la fuerza de desprendimiento del fruto y el aumento de la cicatrización en la zona de abscisión, producida por la aplicación prevendimia de etefón y metil-jasmonato, no incrementan las pérdidas de cosecha en la vendimia mecanizada, pero tampoco alteran el porcentaje de mosto liberado durante el proceso. Los vinos procedentes de uvas tratadas han presentado un mayor índice de polifenoles totales y una coloración amarilla más intensa que los controles, sin afectar su estabilidad oxidativa.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado en colaboración con Bodegas Castelo de Medina S.A. y ha sido financiado con el proyecto IDI20111241 del CDTI (Fondos FEDER de la Unión Europea).

Referencias

Arfelli, G., Sartini, E., Bordini, F., Caprara, C., Pezzi, F. (2010). Mechanical harvesting optimization and postharvest treatments to improve wine quality. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin. 44, 101-115.

Allen T., Herbst-Johnstone, M., Girault, M., Butler, P., Logan, G., Jouanneau, S., Nicolau, L., Kilmartin, P. (2011). Influence of grape-harvesting steps on varietal thiol aromas in Sauvignon Blanc wines. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 59, 10641-10650.

European Comission. 1990. Regulation (EEC) Nº 2676/90 of 17/09/1990. Community methods for the analysis of wines. Official Journal of the European Communities L272 (3/10/1990), 0001-0192.

Fidelibus M.W., Cathline K.A., Burns J.K. (2007). Potential abscission agents for raisin, table and wine grapes. HortScience 42,1626-1630.

Gallegos J. I., González R., González M. R., Martín P. (2006). Changes in composition and colour development of 'Tempranillo' grapes during ripening induced by ethephon treatments at véraison. Acta Hortic. 727, 505-512.

Gonzalez-Herranz, R., Cathline, K.A., Fidelibus, M.W., Burns, J.K. (2009). Potential of methyl jasmonate as a harvest aid for 'Thompson Seedless' grapes: concentration and time needed for consistent berry loosening. Hortscience 44, 1330-1333.

Nagel, C.W., Graber W.R. (1988). Effect of must oxidation on quality of white wines. American Journal of Enology and Viticulture 39, 1-4.

Noble A.C., Ough C.S., Kasimatis A.N. (1975). Effects of leaf content and mechanical harvest on wine "quality". American Journal of Enology and Viticulture, 26,158-163.

Ruiz-García, Y., Romero-Cascales, I., Gil-Muñoz R., Fernandez- Fernandez J. I., López-Roca J. M., Gómez-Plaza, E. (2012). Improving grape phenolic content and wine chromatic characteristics through the use of two different elicitors: Methyl jasmonate versus benzothiadiazole. Journal Agriculture Food Chemistry. 60:1283-1290.

Szyjewicz, E., Rosner, N., Kliewer W.M. (1984). Ethephon (2-chloro-ethylphosphonic acid, Ethrel,CEPA) in viticulture. A review. American Journal of Enology and Viticulture. 35, 117-123.

Uzquiza, L., González, R., González, M.R., P. Martín. (2013a). Potential of combined ethephon and methyl jasmonate treatments for improving mechanical harvesting of wine grapes. European Journal Horticultural Science, 78,169–175.

Uzquiza, L., González, R., González, M.R., Martín P. (2013b). Aplicaciones de etefón y metil jasmonato para facilitar el desprendimiento del fruto en vides cv. Sauvignon blanc. VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas. Madrid, España.

Efecto de la elevación de la altura de vegetación en un viñedo en espaldera del cv. Cigüente en Extremadura

D. Uriarte*[1], L.A. Mancha, D. Moreno, E. Gamero, M.I. Talaverano, M.E. Valdés y M.H. Prieto.

1 Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX). Finca la Orden Valdesequera. Ctra. A-V, Km 372, Guadajira, Badajoz.
*E-mail: David.uriarte@gobex.es.

Resumen

En este trabajo se evalúa el efecto de la altura de vegetación en un viñedo (*Vitis vinifera* L.) del cv. Doña Blanca, conducido en espaldera, sobre aspectos agronómicos y enológicos. El estudio se realizó durante dos campañas consecutivas, 2012 y 2013, en un viñedo comercial situado en las Vegas Bajas del Guadiana, sobre suelo franco-arcilloso poco profundo perteneciente a Bodegas Periane S.L. El viñedo original, formado en doble cordón royat con posicionamiento vertical de los brotes (VSP), disponía de una espaldera de 1,5 m de altura de vegetación, que se mantuvo como tratamiento Control. El tratamiento a examinar consistió en elevar la altura de vegetación hasta 2,0 m, utilizando un segundo alambre de vegetación para mantener los pámpanos posicionados de forma vertical (EA). En el diseño experimental, los tratamientos se distribuyeron en bloques al azar, con cuatro repeticiones. Las cantidades de agua aplicada con el riego fueron las mismas para ambos tratamientos, y con el objetivo de cubrir el 100% de las necesidades del cultivo utilizando como referencia el tratamiento Control.

Al elevar la altura de la vegetación aumentó el área foliar por sarmiento y el peso del mismo. Como consecuencia, el potencial hídrico de tallo alcanzaba valores más bajos en este tratamiento. Sin embargo, no hubo diferencias entre los tratamientos ni en producción, ni en los componentes del rendimiento (pesos del racimo y de la baya); por eso, EA tuvo mayor relación área foliar/peso del racimo y menor producción/peso de la madera de poda. La acumulación de azúcar fue más rápida durante la maduración en EA, mientras que la acidez titulable fue menor, alcanzando en vendimia una media de 7% más de azúcar y un 5% menos de acidez.

El año 2013 fue más productivo que 2012, con producciones medias para el ensayo de 12,1 kg.cepa^{-1} y 4,0 kg.cepa^{-1} respectivamente. Sin embargo, el efecto de la altura de vegetación fue similar en ambas campañas.

Aumentar la altura de vegetación puede ser una técnica de manejo interesante ya que permite incrementos de concentración de azúcares en uva cuando el balance vegetativo productivo pueda verse comprometido por altas producciones.

Palabras clave: Estado hídrico, carga de cosecha, índices de equilibrio.

INTRODUCCIÓN

Existen numerosos estudios que demuestran que la concentración de azúcares en la baya guarda una estrecha relación con el equilibrio que se produce entre el crecimiento vegetativo y la producción de la cepa (Kliewer y Weaver, 1971; Keller et al., 2004).

Según Kliewer y Dokoozlian (2005), esta relación debe mantenerse entre 7 y 14 cm^2 de hoja por cada gramo de uva producida para que la maduración sea correcta. El margen propuesto es amplio ya que el equilibrio óptimo está sujeto a variables tales como las condiciones ambientales, la variedad y la cantidad de luz interceptada por cada unidad de área foliar, que depende del sistema de formación utilizado en el viñedo. Una mayor altura de vegetación en la espaldera puede incrementar la capacidad fotosintética de la cepa, al aumentar la luz interceptada, lo que *a priori* debe poner a disposición de la baya más azúcares. Sin embargo, las necesidades de agua de la cepa aumentan cuando la radiación interceptada es mayor (Picón-Toro et al., 2012), lo que podría inducir un cierto grado de estrés hídrico en el cultivo si no se incrementa proporcionalmente la dotación de agua.

En España se han realizado diversos trabajos en los que se estudia el efecto de diferentes prácticas agronómicas, que afectan a la relación entre la vegetación y la producción, sobre la calidad de la uva, pero gran parte de ellos sobre variedades tintas (Tardaguila et al., 2010; Uriarte et al., 2010; Intrigliolo y Castel, 2011). Existe poca información acerca del efecto de la altura de vegetación en la espaldera en variedades blancas, donde factores de calidad como la cantidad de producción o el tamaño de la baya podrían ser menos determinantes, abriendo el camino hacia un manejo diferente de la vegetación.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante dos campañas consecutivas, 2012 y 2013, en un viñedo comercial (Bodegas Periane), de 80 ha y riego por goteo, situado en las Vegas Bajas del Guadiana, (38º51´ N, 6º40´ W, 200 m.s.n.) sobre suelo franco-arcilloso poco profundo (<1m). Se eligió el cv. Cigüente, sinónimo de 'Doña Blanca', injertado sobre patrón 110R plantado en 2005. La formación, en cordón Royat bilateral con posicionamiento vertical de los brotes (VSP) y el marco de plantación de 2,95 x 1,35 m.

La espaldera original del viñedo, que permitía hasta 1,5 m de altura de vegetación, se mantuvo como tratamiento Control (C), y se despuntó al final de la fase de crecimiento (parada vegetativa). El tratamiento EA, a comparar con C, se obtuvo permitiendo a la vegetación alcanzar hasta 2 m de altura, sin despuntarse. Se utilizó para ello un segundo alambre de vegetación, que facilitó mantener los pámpanos posicionados de forma vertical. El riego se aplicó para cubrir las necesidades hídricas del cultivo, iniciándose cuando el valor del potencial hídrico de tallo a medio día (ψ_{tallo}) alcanzaba los -0,6 MPa. Ambos tratamientos recibieron la misma dotación de agua, aplicándose el 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) referida al tratamiento Control. Las necesidades de riego se determinaron según los valores de ETo medidos en la estación agrometeorológica del CICYTEX, situada a 15 km de distancia de la parcela, y ajustando los Kc al desarrollo de la cubierta vegetal según Picón-Toro et al. (2012). El experimento se diseñó en bloques al azar con cuatro repeticiones; cada repetición la formaban 60 cepas dispuestas en 6 líneas, con las dos líneas centrales actuando como Control.

El estado hídrico de las cepas se determinó midiendo el potencial hídrico de tallo a mediodía con una cámara (Scholander Soil moisture, Corp. Santa Bárbara, CA, USA) sobre ocho hojas por tratamiento.

Se realizó un seguimiento semanal del contenido en azúcar mediante refractometría (Atago RX-1000), el pH, la acidez titulable (Crison Micro TT) y la

concentración de ácidos tartárico y málico, mediante un multidetector automático (SYSTEA Easychem, Gomensoro, Madrid) sobre una muestra total de 250 g.

Justo antes de la vendimia, se cortaron 15 sarmientos por réplica y midieron longitud y peso del sarmiento principal y de sus anticipados, así como el área foliar (Licor-3100 leaf área meter, Lincoln, NE, USA). En vendimia, se cortaron y pesaron los racimos presentes en 10 cepas por parcela elemental y se tomó una muestra de 250g de uva para determinar el peso medio de la baya. En invierno, se determinaron también el peso de la madera de poda y el número de sarmientos por planta.

Los resultados fueron analizados utilizando una comparación de medias mediante una prueba *t* de Student con el paquete estadístico SPSS 15.0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el periodo vegetativo, de 1 de abril a 30 de septiembre, la precipitación en 2012 (136 mm) fue superior a la de 2013 (63 mm). Sin embargo, durante el mes de marzo de éste último, se registraron precipitaciones cercanas a los 180 mm, lo que supuso una notable recarga de la humedad en suelo. Por otro lado, la ETo fue similar ambos años, con apenas 59 mm de diferencia entre ellos. Como consecuencia, el inicio del riego (valores umbral de -0,6 MPa) se produjo con un día de diferencia entre campañas y el volumen de riego aplicado fue similar, con 349 mm y 351 mm en 2012 y 2013 respectivamente.

El área foliar por sarmiento (principal y anticipados) fue superior en la EA (Tabla 1), al incrementarse el área foliar del sarmiento principal. La longitud y superficie foliar de los anticipados, resultó similar entre las diferentes alturas de espaldera. Esta falta de compensación de área foliar en el Control pudo deberse a que los despuntes se realizaron una vez iniciada la parada vegetativa en ambas campañas. La mayor área foliar en la EA incrementó la radiación interceptada (datos no mostrados), pero también las necesidades hídricas, de forma que las cepas soportaron un mayor, aunque ligero, déficit hídrico (Ψ_{tallo} más bajo). El valor promedio de Ψ_{tallo} fue inferior en la EA durante todo el ensayo (Tabla 1), aunque las diferencias no llegaron a superar los 0,1 MPa entre tratamientos: el valor mínimo de Ψ_{tallo} observado en el tratamiento EA no bajó de -0,70MPa, lo que se considera un estrés bajo. Resultados similares encontraron Intrigliolo et al. (2012) trabajando en 'Tempranillo' en situación de mayor estrés hídrico, aunque las diferencias medias observadas en Ψ_{tallo} entre ambas alturas de espaldera fueron superiores a 0,2MPa.

Tabla 1. Potencial hídrico de tallo total (mayo-octubre), Longitud (L) del sarmiento principal, Longitud de los anticipados, Área foliar (AF) de las hojas del sarmiento principal, Área foliar de las hojas de los anticipados. *, ** , *** y ns indican diferencias significativas P < 0.05, P < 0.01, P < 0.001 y no significativas respectivamente.

Año	Tratamiento	Ψ_{tallo} total (Mpa)	L principal (cm)	L anticipados (cm)	AF principal (cm^2)	AF anticipados (cm^2)
2012	Control	-0,56	80,2	86,6	982,6	1457,5
2012	E. Alta	-0,63	161,2	99,9	2346,2	1398,2
2013	Control	-0,62	99,6	86,1	1799,4	1234,8
2013	E. Alta	-0,70	189,7	106,8	3020,7	1700,8
	Tratamiento	**	***	ns	***	ns
	Año	**	ns	ns	**	ns
	Tratamiento*año	ns	ns	ns	ns	ns

La campaña del 2013 fue más productiva que la del 2012, con una producción media en el ensayo un 67% superior (Tabla 2). Este último año, el peso medio del racimo fue mayor, con más bayas por racimo, aunque de menor tamaño estas con relación a las del año anterior (0,8 g menores). En vendimia, no se observaron diferencias en los componentes del rendimiento entre ambos tratamientos, lo que indica que el ligero incremento del déficit hídrico (valores más bajos de Ψ_{tallo}) observado en el tratamiento EA resultó insuficiente para inducir diferencias en la producción.

Aún con la misma producción, el tratamiento EA tenía un 46% mas de área foliar por unidad de peso de fruta producida (AF/P) y un índice de ravaz un 20% inferior (Tabla 2) lo que indica una mayor relación fuente-sumidero que el Control. Esta relación varió mucho entre campañas: la carga de cosecha, entendida como la capacidad de la cepa para madurar la uva, fue un 67% mas baja en 2013 que en 2012 (11,3 cm^2g^{-1} y 3,7 cm^2g^{-1} valores promedio del ensayo en 2012 y 2013 respectivamente).

Tabla 2. Producción por cepa, Peso medio del racimo, Número de bayas por racimo, Peso fresco de la baya e índices de equilibrio: Área Foliar (AF) /Producción (P) e Índice de Ravaz. Valores seguidos de diferentes letras expresan diferencias a P>0,05. *, ** y ns indican diferencias significativas P < 0,05, P < 0,01 y no significativas respectivamente.

Año	Tratamiento	Producción ($kg \cdot cepa^{-1}$)	P Racimo (g)	$Bayas \cdot rac^{-1}$	Pf baya (g)	AF/P ($cm^2 \cdot g^{-1}$)	Índice de Ravaz
2012	Control	4,10	316,78	104,34	3,04	7,7	4,6
2012	E.Alta	3,99	327,79	109,91	2,98	14,9	3,7
2013	Control	11,90	545,44	253,07	2,15	3,0	14,0
2013	E.Alta	12,28	567,92	264,05	2,16	4,7	11,8
	Tratamiento	ns	ns	ns	ns	*	**
	Año	***	***	***	***	***	***
	Tratamiento x año	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Los valores obtenidos en 2013 en la relación AF/P fueron inferiores a los 7 $cm^2 \cdot g^{-1}$ mínimos para garantizar una maduración "normal" según las recomendaciones estimadas por Kliewer y Dokoozlian (2005), explicando los valores bajos de solidos solubles totales (%SST) observados durante la maduración de 2013 (Figura 1a).

Durante este estudio, la mayor cantidad de AF/P de EA, posibilitó, para la misma producción por cepa que el Control, un incremento medio del 7% de azúcar en vendimia (Figura 1a). Este efecto fue más evidente en 2013, bajo las condiciones de elevada producción habidas ese año.

Se observó, por otra parte, una leve disminución de la acidez titulable, y un mayor pH, en la EA, sin que se viese afectada significativamente la concentración de ácido tartárico (Figura 1b,1c y 1d). Este efecto sobre la acidez, pudo ser debido al mayor estrés hídrico observado en las cepas de este tratamiento. El incremento en área foliar en la EA no fue aparentemente acompañado de un mayor sombreamiento de los racimos, que podría haber reducido la combustión de ácido málico (Figura 1e), ya que la vegetación se mantuvo vertical dentro de la espaldera. Esto deja abierta la posibilidad de prácticas de cultivo que modifiquen la disposición de la vegetación hacia sistemas menos verticales, que protejan los racimos de una exposición solar elevada.

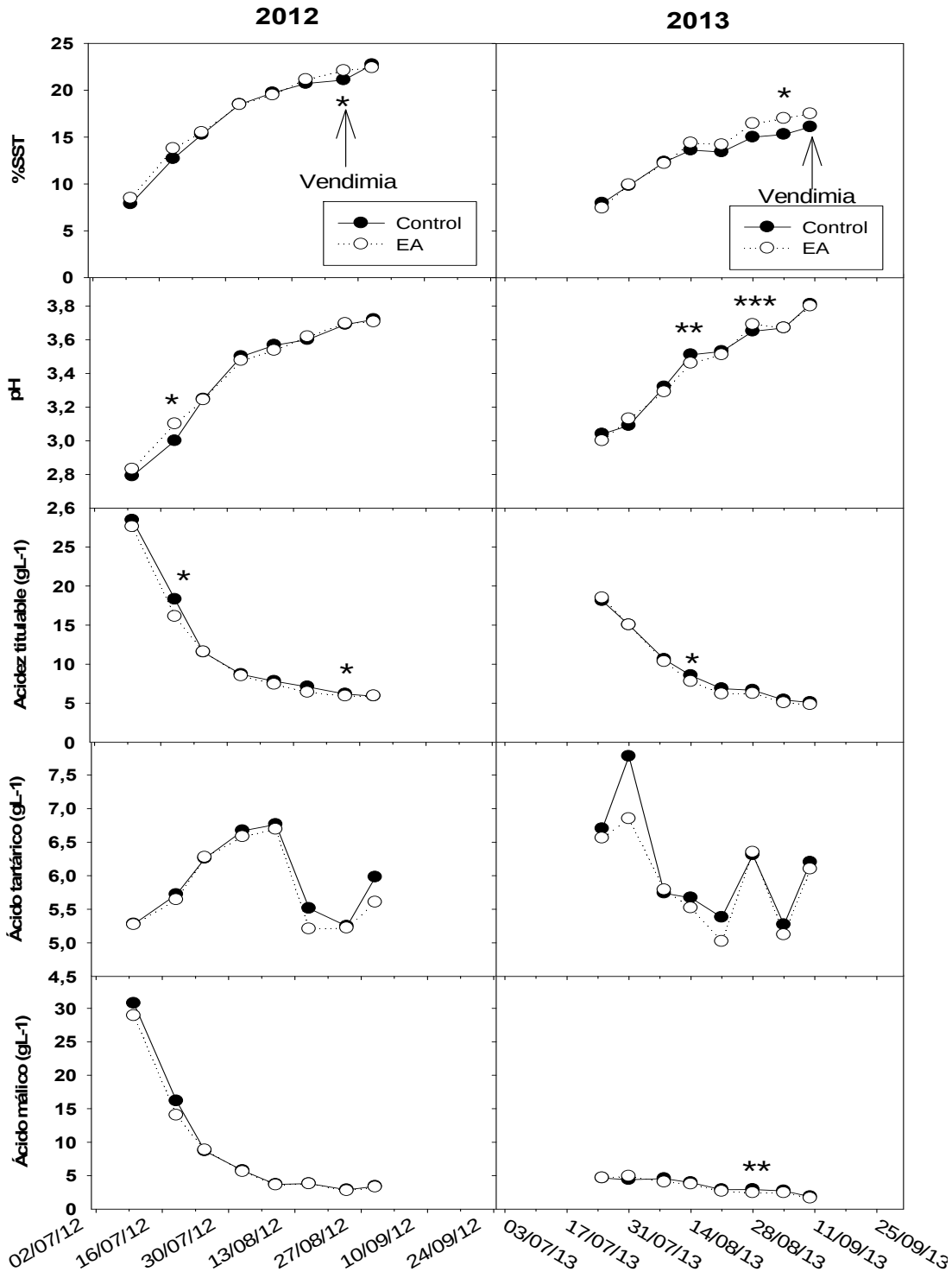


Figura 1.- Evolución del contenido en sólidos solubles totales (%SST) (a), pH (b), acidez titulable (c), ácido tartárico (d) y ácido málico (e). * y ** indican diferencias significativas P < 0,05 y P < 0,01 respectivamente en los años 2012 y 2013.

CONCLUSIONES

Elevar la altura de la vegetación en viñedos conducidos en espaldera supone un incremento en la radiación interceptada por unidad de superficie, pero también un mayor consumo de agua. La mayor altura de vegetación guiada verticalmente incrementa la concentración de azúcares en las uvas, y tiende a sminuir ligeramente la acidez. Aumentar la altura de vegetación, puede ser una técnica de manejo interesante para garantizar la maduración con producciones altas.

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación de esta investigación al proyecto INIA-RTA2011-00100-C05-03 y a Bodegas Periane S.L. su colaboración.

Referencias

Intrigliolo, D. S., Castel, J. R. (2011). Interactive effects of deficit irrigation and shoot and cluster thinning on grapevine cv. Tempranillo. Water relations, vine performance and berry and wine composition. Irrigation Science, 29(6), 443-454.

Intrigliolo, D.S., Pérez, D., Yeves, A. y Castel, J.R. (2012). Altura optima de la espaldera en un viñedo de Tempranillo bajo distintos regímenes de riego. Acta Nº 60. XIII Congreso Nacional De Ciencias Hortícolas,:567-570.

Kliewer, W.M., Weaver R.J. (1971). Effect of Crop Level and Leaf Area on Growth, Composition and Coloration of 'Tokay' Grapes. Am J Enol Vitic, 22(3):172-177.

Kliewer, M., Dokoozlian, N. (2005). Leaf area/crop weight ratios of grapevines: influence on fruit composition and wine quality. Am J Enol Vitic, 56:170-181.

Keller, M., Mills, L.I., Wample, R.L., Spayd, S.E. (2004). Crop load management in concord grapes using different pruning techniques. Am J Enol Vitic, 55:35-50

Picón-Toro, J., González-Dugo, V., Uriarte, D., Mancha, L. and Testi, L. (2012). Effects of canopy size and water stress over the crop coefficient of a Tempranillo vineyard in south-western Spain. Irrigation Science, 30 (5): 419–432.

Tardaguila, J., Martínez de Toda, F., Poni, S. and Diago, M. P. (2010). Impact of early leaf removal on yield and fruit and wine composition of Vitis vinifera L. Graciano and Carignan. Am J Enol Vitic, 61(3): 372-381.

Uriarte, D., Picón, J., Mancha, L.A., Blanco , J., Prieto, M.H., Moreno, D., Gamero, E., Valdés, E., Risco, D., Castel , J.R. and Intrigliolo, D.S. (2012). Early defoliation of 'Tempranillo' grapevines in semi-arid terroirs of Spain. Acta Hort. (ISHS) 931:299-306.

Respuesta de la vid a la aplicación de *DECCOSHIELD®*

P.M. Izquierdo*[1,2], J. Martínez[1], A. Mena[1], J.L. Chacón[1] y E. García[1].

1 Instituto de la Vid y el Vino de Castilla-La Mancha (IVICAM) Ctra. Toledo-Albacete s/n, 13700, Tomelloso (Ciudad Real). *E-mail: pmizquierdo@jccm.es
2 Fundación Parque Científico y Tecnológico de Albacete (PCYTA). Paseo de la Innovación, 1. 02006 Albacete.

Resumen

Las nanopartículas de Deccoshield® (60% $CaCO_3$) pulverizadas sobre la superficie de hojas y frutos forman una delgada pátina protectora que induce respuestas fisiológicas en la planta que le ayudan a adaptarse a condiciones ambientales adversas como sequía y elevadas radiación y temperatura.

Este trabajo se desarrolló en 2013 con material vegetal de Tempranillo y Macabeo (*Vitis vinifera* L.) cultivado en sendas parcelas ubicadas en la comarca natural de La Mancha. Plantas tratadas con Deccoshield® y plantas control se cultivaron bajo el mismo régimen en cada conjunto parcela/cultivar: regadío/secano, fertilización, tratamientos fitosanitarios y gestión de la vegetación.

Las cepas tratadas con carbonato cálcico mostraron aptitudes para soportar una mayor capacidad de carga (mayor vigor), mayor conductancia estomática y asimilación que las cepas control cuando el déficit hídrico se intensificaba (hasta cierto umbral), y la temperatura y falta de humedad ambientales recrudecían.

Aunque los vinos elaborados presentaron ligeras diferencias de composición en las fracciones ácida (ambos cultivares) y fenólica (cv. Tempranillo), no hubo una incidencia clara del tratamiento en sus características sensoriales detectables por cata.

Palabras clave: Carbonato cálcico, intercambio de gases, madurez fenólica.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la vid en regiones de clima mediterráneo, con veranos cálidos y secos, compromete frecuentemente las producciones, limitándolas y disminuyendo su calidad. Las condiciones de déficit hídrico determinan el comportamiento estomático de las hojas, limitando la fotosíntesis y, en consecuencia, las cepas son menos vigorosas, con menor producción, y las bayas menores de tamaño, y con una reducción considerable de la concentración de azúcares y ácidos.

Deccoshield® (Decco Ibérica Post Cosecha S.A.U.) es una suspensión de $CaCO_3$ al 60% que se aplica en hojas y frutos, tras diluirlo en agua. La fina película protectora que forma sobre la superficie de esos órganos provoca una serie de respuestas fisiológicas de la planta, que le ayudan a adaptarse a condiciones ambientales adversas como altas temperaturas, lesiones por el frío, sequía y daños solares (Liang et al., 2009).

La calcita cristalina, mineral de que está compuesto el producto, modifica las propiedades de la luz que llega a la hoja. Dispersada por las nanopartículas de carbonato cálcico, la luz alcanza más cromóforos de clorofila, lo que redunda en una ralentización del calentamiento de la planta y facilita una fotosíntesis más efectiva.

El propósito del estudio era determinar el efecto de la película de partículas de Deccoshield® en los parámetros del intercambio de gases y del rendimiento, así como en la calidad de las producciones de la vid.

MATERIAL Y MÉTODOS

Variedades de uva y tratamientos

El estudio se llevó a cabo en la campaña 2013 con los cv. Tempranillo y Macabeo, situados en 2 parcelas diferentes. El Tempranillo, de 11 años de edad, con marco de 3m x 1,5m, se apoya en espaldera, se conduce en cordón bilateral, con disposición vertical de la vegetación según 6 pulgares de 2 yemas por cepa, y cultiva con riego de apoyo. Se aplicó a la parcela un riego deficitario, estimando sus necesidades para una restricción de irrigación de 125 mm, que se fue añadiendo entre primeros de julio y la cosecha. El Macabeo, de 22 años y con marco de 2,45m x 2,45m, se cultiva en secano y conduce en vaso, con 5-6 pulgares de 2 yemas por cepa.

El dispositivo experimental en Tempranillo estuvo constituido por 96 cepas en total, distribuidas en 4 bloques consecutivos, de 24 individuos cada uno. La mitad de las cepas de cada bloque fueron tratadas con Deccoshield (tD) y la otra mitad actuó como tratamiento control (C). En Macabeo, cada unos de los 4 bloques estaba formado por 88 cepas, 44 de las cuales fueron tratadas quedando el resto como control.

Las aplicaciones se hicieron a primera hora de la mañana, sin lluvia ni viento, con un equipo nebulizador acoplado a un tractor. El producto se aplicó a cada parcela en 3 ocasiones, entre cuajado y envero, a dosis de 20 $L \cdot ha^{-1}$ de producto diluido al 2%.

Medidas del intercambio de gases

El seguimiento del intercambio de gases se llevó a cabo en el cv. Tempranillo y estaba dirigido a averiguar si las plantas tD mostraban un comportamiento fisiológico diferente que pudiese acarrear un provecho evidente en comparación con las plantas C. Para ello, conductancia estomática, g_s (mol $H_2O \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$), asimilación neta de CO_2, A_N (µmol $CO_2 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) y eficiencia en el uso del agua, WUE_i (µmol $CO_2 \cdot mol^{-1}$ H_2O) fueron medidas en diferentes días a lo largo del verano, entre últimos de junio y primeros de septiembre. Se utilizó un medidor de fotosíntesis Li6400 (Li-cor Inc, Lincoln, NE, USA) y una pinza de fondo claro, adecuada para superficies de sujeción de 6 cm^2. Las medidas se hicieron coincidir con los momentos de máxima y mínima fotosíntesis diaria (de 09,00 a 10,00 y 15,30 a 16,30 HR GMT +2). Como norma, cada uno de los días de medida, 4 cepas tratadas y 4 cepas del control fueron objeto de seguimiento, a razón de 4 hojas (hubieron de ser 3 en alguna ocasión) por cepa en cada unos de los 2 momentos mencionados.

Las medidas se hicieron en hojas expuestas, situadas en el tercio superior de la cubierta. La densidad de flujo de fotones (PPDF) incidente sobre las hojas fue siempre superior a 1.300 $\mu mol \cdot m^2 \cdot s^{-1}$, salvo alguna ocasión en las primeras medidas realizadas a primera hora del día. El sistema se ejecutó en modo de flujo constante (400 $\mu mol \cdot s^{-1}$) y la concentración de CO_2 en la cámara de muestras se mantuvo a 400 ppm usando un 6400-01 CO_2 mixer

Los días de seguimiento, el potencial hídrico de las hojas medido antes del amanecer, ψ_{aa}, se calculó para cada cepa seleccionada como promedio de las medidas

efectuadas en 4 hojas por cepa entre las 5,00 y las 07,00 HR GMT+2, según la fecha concreta, con cámara de presión tipo Scholander (SKPM-1400, Skye Inst. Lim., R.U.).

Vendimias y obtención de mostos

Las vendimias se realizaron cuando las uvas habían alcanzado 21 ºBrix en Macabeo y 23 ºBrix en Tempranillo, recogiéndose por separado las cepas control y las tratadas. En concreto, se recogió el fruto de 40 cepas C y 40 tD por variedad, lo que permitió estimar las producciones medias y los pesos medios del grano. En Tempranillo, tras la pérdida total de la hoja, se pesó la madera de poda de 20 cepas por tratamiento.

Elaboraciones

El total de la producción obtenida de las 40 cepas tD y de las 40 C de cada cultivar se vinificó según técnicas estándar de elaboración. En concreto, cada partida se dividió en 2 submuestras, de manera que por variedad se realizaron 4 elaboraciones: 2 C y 2 tD. Los vinos fueron estabilizados por frío y finalmente filtrados y embotellados.

Métodos químicos. Análisis sensorial

Los parámetros fisicoquímicos habituales en mostos y vinos se analizaron de acuerdo con los métodos oficiales (OIV, 2011). Los antocianos, por decoloración por el ácido sulfuroso (Ribereau-Gayon y Stronestreet, 1965), los polifenoles totales (Somers y Evans, 1976), los parámetros de madurez fenólica de las uvas (Saint-Cricq et al., 1998), los flavonoles (Vivas et al., 1994) y los taninos (Sarneckis et al., 2006). Los compuestos volátiles se determinaron por cromatografía de gases (Izquierdo et al., 2008).

Los vinos se evaluaron, siguiendo un método normalizado, por un panel de 18 catadores entrenados. Se hicieron pruebas triangulares que consistían en diferenciar el diferente en triadas, donde el diferente se presentaba junto a dos vinos iguales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Intercambio de gases

Mientras permanecían bien hidratadas (ψ_{aa} > -0,25 Mpa), tras los episodios de irrigación, las cepas C asimilaban más que las tD, debido a la mayor conductancia estomática de sus hojas (Tabla 1). La mayor reflexión de la radiación desde las hojas de las cepas tD con respecto a las hojas de las cepas C en esos momentos, y la reducción en la asimilación subsecuente, no era suficientemente compensada por el incremento debido a la apertura estomática inducida por las favorables condiciones de temperatura y humedad.

Cuando las condiciones cambiaban hacia un mayor, aunque moderado, déficit hídrico (ψ_{aa} = -0,25/-0,55 Mpa) y el ambiente se hacía más cálido y seco con el paso de las horas, las cepas tD mantenían conductancias estomáticas mayores que las C, retrasando el inicio de la disminución de la asimilación neta (Shelley et al, 2008).

En condiciones de estrés hídrico severo (ψ_{aa} <- 0,55 Mpa), se producía un cierre estomático precoz, por la mañana, de manera que conductancias y asimilaciones permanecían en niveles similares en las cepas tD y C.

La menor disminución en los parámetros del intercambio de gases para las cepas tD al imponerse condiciones ambientales adversas, tanto a lo largo del día como con el devenir de la estación, sugiere un mayor potencial para soportar una mayor capacidad de

carga. El efecto positivo del carbonato cálcico sobre el vigor de las plantas (madera de poda, Tabla 2) parece congruente con esa afirmación.

Tabla 1. Medias de los parámetros del intercambio de gases en plantas control (C) y tratadas con Deccoshield (tD) del cv. Tempranillo. Conductancia estomática, g_s (mol $H_2O \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$), asimilación neta, A_N (µmol $CO_2 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) y eficiencia en el uso del agua, WUE_i (µmol CO_2/mol H_2O) se comparan a distintos niveles de déficit hídrico y en los momentos de máxima y mínima asimilación diaria. Test ***t*** para igualdad de las varianzas: ns indica ausencia de significación estadística (Sig.), * y ** significaciones a niveles de probabilidad de 0,05 y 0,01 respectivamente.

Status hídrico de las plantas	Extremos diarios		n	A_N	Sig.	g_s	Sig.	WUE_i	Sig.
Sin déficit hídrico ψ_{aa} >- 0,25 Mpa	Mañana 09-10$_{HR}$	**C**	44	17,58	**	0,291	*	65,51	ns
		tD	38	15,62		0,244		68,54	
	Tarde 15,30-16,30$_{HR}$	**C**	44	12,59	ns	0,180	ns	77,56	ns
		tD	44	11,43		0,158		82,95	
Déficit hídrico moderado ψ_{aa} = -0,25/-0,40 Mpa	Mañana 09-10$_{HR}$	**C**	34	13,35	ns	0,201	ns	84,67	ns
		tD	42	14,27		0,238		81,68	
	Tarde 15,30-16,30$_{HR}$	**C**	36	5,25	*	0,063	*	85,47	ns
		tD	38	6,79		0,084		84,16	
Déficit hídrico de moderado a severo ψ_{aa} = -0,40/-0,55 Mpa	Mañana 09-10$_{HR}$	**C**	30	12,86	ns	0,231	ns	77,59	ns
		D	30	13,52		0,188		93,53	
	Tarde 15,30-16,30$_{HR}$	**C**	28	4,70	**	0,058	**	87,37	ns
		tD	26	7,11		0,086		88,49	
Déficit hídrico severo ψ_{aa} <- 0,55 Mpa	Mañana 09-10$_{HR}$	**C**	36	12,21	ns	0,159	ns	82,54	ns
		tD	32	13,35		0,177		81,95	
	Tarde 15,30-16,30$_{HR}$	**C**	36	5,40	ns	0,059	ns	91,92	ns
		tD	36	5,47		0,061		94,77	

Rendimientos y análisis de uvas y mostos

Las ligeras diferencias en las medias de producción en ambos cultivares a favor de las cepas tD (Tabla 2) no presentaron significación estadística suficiente como para ser concluyentes. Tampoco el peso medio de la baya mostró diferencias entre cepas C y tD.

Las uvas/mostos procedentes de plantas tD no se diferenciaron significativamente de las procedentes del control en ninguno de los parámetros convencionales analizados de las 2 variedades (Tabla 3), incluidos algunos parámetros fenólicos. Solo en Tempranillo aparecieron diferencias significativas en los parámetros de la extractabilidad de los antocianos, estimados según los métodos de la madurez fenólica. En concreto, tanto los antocianos extraíbles a pH 3,6 como el índice de madurez celular de las uvas procedentes de las plantas tD, mostraron resultados más favorables desde una perspectiva enológica.

Tabla 2. Componentes del rendimiento. Medias, desviaciones típicas y significación en el test ***t*** para igualdad de las varianzas. ns indica ausencia de significación estadística (Sig.), * y ** significaciones a niveles de probabilidad de 0,05 y 0,01 respectivamente.

	n	Macabeo C	Macabeo tD	Sig.	Tempranillo C	Tempranillo tD	Sig.
Madera de poda, kg·cepa^{-1}	20	-	-	-	1,03 ± 0,30	1,24 ± 0,37	*
Producción, kg·cepa^{-1}	40	4,96± 2,35	5,31 ± 2,47	ns	9,16 ± 3,16	9,49 ± 3,53	ns
Peso de la baya, g	4	1,37 ± 0,15	1,40 ± 0,07	ns	1,49 ± 0,07	1,40 ± 0,13	ns

Los análisis de cationes en los mostos obtenidos (datos nos mostrados) han demostrado, por otra parte, que la presencia de Calcio es similar en los procedentes de uvas de plantas tD y C, en ambos cultivares.

Tabla 3. Composición química de uvas y mostos. Medias, desviaciones típicas y significación en el test ***t*** para igualdad de las varianzas. ns indica ausencia de significación estadística (Sig.), * y ** significaciones a niveles de probabilidad de 0,05 y 0,01 respectivamente.

	Macabeo C	Macabeo tD	Sig.	Tempranillo C	Tempranillo tD	Sig.
º Brix	20,81± 0,60	21,31±0,19	ns	23,1 ± 0,16	23,44 ± 0,38	ns
Acidez total, g·L^{-1}	5,22 ± 0,18	5,35 ± 0,21	ns	4,26 ± 0,09	4,08 ± 0,25	ns
pH	3,45 ± 0,06	3,42 ± 0,04	ns	3,61 ± 0,02	3,61 ± 0,03	ns
Acido málico, g·L^{-1}	0,99 ± 0,08	1,09 ± 0,18	ns	1,53 ± 0,07	1,57 ± 0,08	ns
Nitrógeno, mg·L^{-1}	228 ± 6,0	249 ± 13,0	ns	282 ± 8,0	291 ± 4,0	ns
Acido tartárico, g·L^{-1}	7,26 ± 0,19	7,38 ± 0,03	ns	5,92 ± 0,03	5,71 ± 0,19	ns
Antocianos totales, mg·L^{-1}	-	-	-	2052 ± 290	1767 ± 291	ns
Indice de polifenoles totales	47 ± 4,0	50 ± 4,0	ns	143 ± 3,0	139 ± 8,0	ns
Catequinas, mg·L^{-1}	558 ± 4	562 ± 42	ns	810 ± 68	850 ± 44	ns
Taninos, g·L^{-1}	1,29 ± 0,36	1,40 ± 0,08	ns	3,5 ± 0,56	3,2 ± 0,20	ns
Potencial antocianos extraíbles, mg·L^{-1}	-	-	-	636 ± 48	779 ± 75	*
Potencial antocianos totales, mg·L^{-1}	-	-	-	1102 ± 90	1155 ± 81	ns
Índice madurez celular (%)	-	-	-	42 ± 1,0	33 ± 4,0	*
Índice madurez de las pepitas (%)	-	-	-	42 ± 3,0	31 ± 8,0	ns

Vinos

La marcha de la fermentación, y el resto de la elaboración, fue correcta en todas las vinificaciones, no habiéndose observado ningún efecto negativo del producto, que estaba presente en pequeñas cantidades, adherido a la superficie de las uvas.

La Tabla 4 recoge las comparaciones entre los vinos por su composición química. Los vinos procedentes del Macabeo tD resultaron con mayor extracto seco y mayor acidez total, dada la mayor presencia de ácidos tartárico y málico. Esa punta de acidez en vinos blancos de Macabeo es relevante ya que les puede proporcionar mayor frescura, y una mayor estabilidad microbiológica. Además, también en esos vinos, metanol, acetaldehído, isobutanol y alcoholes isoamilicos, compuestos que en elevadas concentraciones aportan notas herbáceas, estaban presentes en menores concentraciones. Contrariamente, las concentraciones de acetato de isoamilo, compuesto que contribuye al carácter afrutado de los vinos, eran superiores. Estas diferencias en conjunto no fueron, sin embargo, apreciadas en pruebas triangulares efectuadas por un grupo entrenado de catadores.

Tabla 4. Composición química de los vinos ([1] $g \cdot L^{-1}$; [2] $mg \cdot L^{-1}$). Medias, desviaciones típicas y significación en el test ***t*** para igualdad de las varianzas. ns indica ausencia de significación estadística (Sig.), * y ** significaciones a niveles de probabilidad de 0,05 y 0,01 respectivamente.

	Macabeo C	Macabeo tD	Sig.	Tempranillo C	Tempranillo tD	Sig.
Extracto seco	20,39 ± 0,74	21,75 ± 0,07	*	23,47 ± 0,27	24,17 ± 0,69	ns
Grado alcohólico (% v/v)	12,6 ± 0,02	12,62 ± 0,05	ns	13,09 ± 0,15	13,56 ± 0,44	ns
Acidez total [1]	6,19 ± 0,01	6,39 ± 0,01	*	4,06 ± 0,04	3,82 ± 0,06	*
pH	3,11 ± 0,03	3,09 ± 0,01	ns	3,71 ± 0,00	3,82 ± 0,02	*
Acidez volátil [1]	0,27 ± 0,01	0,26 ± 0,01	ns	0,34 ± 0,02	0,37 ± 0,01	*
Acido málico [1]	0,97 ± 0,01	1,13 ± 0,01	*	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	ns
Acido tartárico [1]	2,80 ± 0,01	2,85 ± 0,04	*	1,98 ± 0,03	1,83 ± 0,09	*
Intensidad colorante	-	-	-	4,40 ± 0,28	4,82 ± 0,76	ns
Antocianos totales [2]	-	-	-	635,67 ± 19,2	705,67 ± 20,31	*
Catequinas [2]	15,15 ± 1,63	13,15 ± 0,49	*	101,90 ± 8,51	118,40 ± 23,92	ns
Taninos [1]	0,24 ± 0,00	0,25 ± 0,00	ns	0,86 ± 0,06	0,85 ± 0,18	ns
Índice polifenoles totales [2]	4,00 ± 0,00	4,00 ± 0,00	ns	41,33 ± 2,08	41,67 ± 1,53	ns
Acetaldehído [2]	28,02 ± 0,83	23,62 ± 2,21	*	6,20 ± 0,80	8,57 ± 1,29	ns
Metanol [2]	75,50 ± 8,49	60,18 ± 0,59	*	61,93 ± 1,58	54,37 ± 1,33	*
Isobutanol [2]	23,77 ± 0,97	19,85 ± 0,30	*	36,75 ± 1,31	35,08 ± 0,50	ns
Acetato de isoamilo [2]	1,55 ± 0,20	2,01 ± 0,02	*	1,28 ± 0,14	1,83 ± 0,15	*
Alcoholes isoamilicos [2]	188,49 ± 4,32	169,99 ± 2,62	*	232,28 ± 8,04	224,75 ± 7,53	ns

Los vinos de Tempranillo procedentes de uvas tD presentaron menores acidez total, y concentración de ácido tartárico, así como mayor pH que los procedentes de uvas C, contrariamente a lo que sucedía con los de Macabeo. Aunque las propias diferencias en la composición ácida de los mostos puedan explicar esto, también cabría atribuir un papel importante al calcio adherido a la pruina, en la superficie de las uvas tD. El contacto prolongado del mosto-vino con el hollejo que se produce en las vinificaciones en tinto, pudo facilitar la cesión de calcio, aumentando su concentración en el vino. Si esto hubiese sido así, no resulta difícil entender las diferencias en los valores de los parámetros de la acidez entre unos y otros vinos. La mayor insolubilización, y precipitación de ácido tartárico por formación de tartrato cálcico extra podría ser la respuesta.

Referente a la fracción fenólica, los *tempranillos* procedentes de uvas tD presentaron mayor concentración de antocianos totales fruto de la mayor extractabilidad observada en ellas. Sin embargo, ese proceder no se materializó en una clara ganancia en intensidad de color en esos vinos. Tampoco las pruebas triangulares por cata a que fueron sometidos revelaron diferencia alguna entre unos y otros vinos.

CONCLUSIONES

Las cepas con pátina de carbonato cálcico mostraron aptitudes para soportar una mayor capacidad de carga (mayor vigor), mayor conductancia estomática y asimilación que las cepas control cuando el déficit hídrico se intensificaba (hasta cierto umbral) y la temperatura y falta de humedad ambientales recrudecían.

Aunque los vinos elaborados presentaron ligeras diferencias de composición en las fracciones ácida (ambos cultivares) y fenólica (cv. Tempranillo), no pudo demostrarse una incidencia clara del tratamiento en sus características organolépticas detectables por cata.

Agradecimientos

Pedro Miguel Izquierdo Cañas agradece al Fondo Social Europeo y a la JCCM la cofinanciación de su contrato a través del programa INCRECYT.

Referencias

Izquierdo, P.M., García, E., Gómez, S., Palop, M.L. (2008). Changes in the aromatic composition of Tempranillo wines during spontaneous malolactic fermentation. Journal of Food Composition Análisis, 21, 724–730.

Liang, W., Wang, M., Xizhen, A. (2009). The role of calcium in regulating photosyntesis and related physiological indexes of cucumber seedling under low light intensity and suboptimal temperatures stress. Scientia Horticulturae, 123, 34-38.

OIV: Organización Internacional de la Viña y el Vino. (2011). Compendium of international methods of wine and must analysis.

Ribereau-Gayon, P., Stronestreet, E. (1965). Le dosage des anthoccyanes dans les vins rouges. Bulletin de la Société de Chimie, 9, 2649-2652.

Saint-Cricq de Gaulejac, N., Vivas, N., Glories, Y. (1998). Maturite Phenolique : definition et contrôle. Revue Francaise d'Oenologie, 173, 22-25.

Shellie, K., Glenn D.M. (2008). Wine grape response to foliar particle film under different levels of preverasion water stress. HortScience, 43, 1392–1397.

Somers, T.C., Evans, M.E. (1976). Spectral evaluation of young red wines: anthocyanin equilibria, total phenolics, free and molecular SO2, "Chemical age". J. Sci. Food Agric., 28, 279-287.

Vivas, N., Glories, V., Lagune, L., Sancier, C., Augustin, M. (1994). Estimation de degreé de polymérisation des procyanidines du raisin et du vin par la méthode au p-dimethylaminocinnamaldéhyde. J Int Sci Vigne Vin, 28,319–336.

Sarneckis, C.J., Dambergs, R.G., Jones, P., Mercurio, M., Herderich, M.J., Smith, P.A. (2006). Quantification of condensed tannins by precipitation with methyl-cellulose: development and validation of an optimised tool for grape and wine analysis. Aust. J. Grape Wine Res., 12, 39-42.

Densidad de plantación: efectos productivos, vegetativos y cualitativos en cv. Tempranillo cultivado en espaldera en el valle del Duero

J. Yuste*[1], M.V. Alburquerque[2], E. Barajas[1] y J.R. Yuste[2].

1 Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. Ctra. Burgos km. 119; 47071, Valladolid. *E-mail: yusbomje@itacyl.es
2 Asesoría vitivinícola.

Resumen

La densidad de plantación es un aspecto fundamental en la planificación del viñedo, debido a las repercusiones que su elección acarrea para la explotación del mismo a lo largo de toda la vida del cultivo. Por tanto, conviene valorar qué densidad de plantación puede ser la más adecuada para maximizar la rentabilidad cuantitativa y cualitativa del viñedo en función de las condiciones edafoclimáticas del lugar, teniendo en cuenta además que puede condicionar muchos aspectos técnicos en la gestión del viñedo. A lo largo del período 2009-2011 se ha estudiado la respuesta del cv. Tempranillo cultivado en espaldera a la variación de la densidad de plantación, a través de los tratamientos experimentales: Baja (2,7 x 1,4 m) y Alta (2,2 x 1,15 m) densidad de plantación. El estudio se ha llevado a cabo en Valladolid, en las condiciones climáticas semiáridas del Valle del Duero, mediante la aplicación de un riego deficitario del 25% de la ETo desde la parada de crecimiento de los pámpanos principales hasta vendimia.

El aumento de densidad de plantación apenas ha mostrado cierto efecto favorable en la producción final de uva por hectárea, debido a la contribución de un ligero incremento del número de racimos por m^2 de suelo, pues el peso de racimo ha tendido más bien a disminuir a causa de una ligera reducción en el peso de baya. El desarrollo vegetativo se ha visto afectado por la densidad de plantación en cuanto que su aumento ha tendido a incrementar el peso de madera de poda por unidad de superficie de suelo, a través de un mayor peso individual del sarmiento. En cuanto a la calidad, el aumento de densidad ha favorecido la maduración de la uva, incrementando la concentración de azúcares, levemente, así como la de potasio y la de antocianos, mientras que tanto la acidez del mosto como el índice de polifenoles totales han mostrado tendencias variables entre tratamientos según el año.

Palabras clave: antocianos, baya, madera de poda, polifenoles, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

La planificación de una plantación de viñedo debe incluir entre sus aspectos fundamentales la definición de la densidad de plantación, debido a las repercusiones que esta acarrea para la explotación del mismo a lo largo de toda la vida del cultivo. Además, hay que tener en cuenta que el productor pretende diseñar la plantación de viñedo, incluyendo la elección de la densidad de plantación, con la finalidad de maximizar su rentabilidad. En este sentido, el objetivo de la explotación suele tratar de compaginar la obtención de una cantidad de cosecha satisfactoria con una calidad apreciable de la uva. Por tanto, conviene valorar qué densidad de plantación puede ser la más adecuada para maximizar la calidad de la uva y optimizar la rentabilidad del viñedo en función de las

condiciones edafoclimáticas de cultivo (Yuste y Arranz, 2013), ya que esta elección puede resultar decisiva de cara a las posibilidades de éxito de la futura plantación, pues va a condicionar muchos aspectos técnicos en la gestión del viñedo.

La densidad de plantación es función de dos parámetros: la separación entre líneas (anchura de calle) y la distancia entre cepas dentro de la línea (Pérez, 2002). En la elección de la distancia entre líneas influyen principalmente las posibilidades de mecanización (Murisier y Zufferey, 2004), mientras que en la elección de la distancia entre cepas influyen más los aspectos relacionados con el tipo de poda (Murisier y Ferretti, 1996), la estructura permanente de la planta (Silvestroni et al., 2003), el nivel productivo y la dinámica de maduración (Intrieri et al., 2003), etc. En cualquier caso, en la elección de la densidad de plantación se deben tener en cuenta sus dos componentes, la distancia entre filas y la distancia entre cepas (Remoué y Lemaitre, 1985).

Algunos trabajos han mostrado que la densidad de plantación incide directamente sobre la producción y la calidad de la uva (Alburquerque et al., 2006; Barajas y Yuste, 2008). En este sentido, Planas (1998) observó en densidades de plantación elevadas, en la región francesa de Audois, que el rendimiento por hectárea era superior y el rendimiento por cepa era inferior a los de bajas densidades de plantación. Este aumento de la producción por hectárea en un viñedo de elevada densidad se acompañó, por regla general, de una maduración más completa, más precoz y de una mejor calidad de los vinos (vinos tintos de más color, más concentrados), lo que explicó por una mejor colonización radicular del suelo, una captación eficaz de la energía luminosa y una competencia entre cepas que limita el vigor individual. Sin embargo, otros autores han encontrado efectos variables de la densidad de plantación dependientes de las situaciones de cultivo (Yuste et al., 2008; Yuste et al., 2009; Barajas, 2010).

Este trabajo trata de evaluar el efecto de la variación de la densidad de plantación en el desarrollo vegetativo y productivo, así como en la calidad de la uva, de la variedad Tempranillo conducida en espaldera a lo largo del periodo 2009-2011, en un ensayo experimental situado en Valladolid, en las condiciones climáticas semiáridas del centro del Valle del río Duero.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se ha llevado a cabo en Valladolid (España), a 695 m de altitud (s.n.m.), a lo largo del periodo 2009-2011, en un viñedo de Tempranillo/110 Richter, plantado en 1993. Las plantas han sido conducidas en espaldera, podadas a pulgares de dos yemas, con una carga de 10 ó 15 yemas/cepa según la densidad de plantación, correspondiendo en ambos casos a 39.500 yemas/ha. La orientación de las filas fue Norte-Sur + 25º (NE).El viñedo fue cultivado mediante aplicación semanal de riego por goteo equivalente al 25% de la ETo desde la parada de crecimiento de pámpanos principales hasta la semana de vendimia (Tabla 1).

Los tratamientos de densidad de plantación estudiados han sido: B, Baja densidad (marco de plantación: 2,70 x 1,40 m, 2645 cepas/ha) y A, Alta densidad (marco de plantación: 2,20 x 1,15 m, 3953 cepas/ha). El diseño experimental fue en bloques al azar con 4 repeticiones y una parcela elemental de 9 u 11 cepas de control según la densidad de plantación.

Tabla 1. Precipitación, ETo y riego aplicado, en mm, y fechas de riego.

	Precipitación anual (1-oct/30-sep)	Precipitación 1-abr / 30-sep	ETo 1-abr / 30-sep	Riego aplicado	Inicio de riego	Fin de riego
2009	293	112	943	109	13-jul	21-sep
2010	479	160	850	79	12-jul	20-sep
2011	339	142	869	75	6-jul	19-sep
Media	370	138	887	88	10-jul	20-sep

En el suelo del viñedo experimental se distinguen tres horizontes cuyas principales características se detallan en la Tabla 2. Se trata de un suelo con alta pedregosidad interna y superficial, sin limitaciones físicas ni químicas en profundidad, lo que le confiere un buen drenaje y una elevada velocidad de infiltración. La mayor parte del sistema radicular del viñedo se sitúa en los 60 cm más superficiales.

Tabla 2. Características físicas de los horizontes presentes en el perfil del suelo.

Profundidad (cm)	Elementos gruesos (%)	Textura U.S.D.A.			Clase textural
		Arena	Limo	Arcilla	
0-20	70,7	45,3	19,4	35,3	AcAr
20-45	68,8	47,4	19,5	33,1	FrAcAr
45-100	74,8	61,4	9,5	29,1	FrAcAr

Las determinaciones experimentales se han orientado hacia la medida del desarrollo vegetativo (madera de poda, número de sarmientos y peso del sarmiento), la producción de uva (rendimiento, número de racimos y peso de baya) y la calidad de la uva (concentración de azúcares, acidez titulable, pH, polifenoles y antocianos).

La composición de la uva se estimó en el momento de la vendimia, a través del muestreo de bayas que permitió el correspondiente análisis de mosto. La determinación del índice de polifenoles totales, así como de antocianos extraíbles y totales, de la uva se realizó a través del método de Glories (Saint-Criq de Gaulejac et al., 1998) midiendo la absorbancia correspondiente bajo la premisa de establecer una comparación entre tratamientos lo más estandarizada posible.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo vegetativo

El número de sarmientos por unidad de superficie de suelo no ha mostrado diferencias apreciables entre tratamientos de densidad de plantación, pues tanto el número de los procedentes de yemas francas como el de los procedentes de chupones han sido similares en ambas densidades de plantación (Tabla 3). Sin embargo, el peso de madera de poda se ha visto significativamente favorecido por el aumento de la densidad de plantación, con un 31% de incremento medio, debido al aumento significativo del peso del sarmiento, un 27% mayor en Alta densidad que en Baja densidad. Este aumento del vigor del sarmiento ha sido claramente mayor en los sarmientos francos que en los chupones, lo que asimismo ha dado lugar a diferencias más notables entre tratamientos de densidad de plantación en el peso de madera de poda de sarmientos francos que en el de chupones. Así, el desarrollo vegetativo ha aumentado claramente a través del aumento de densidad de plantación, debido al incremento del vigor individual del sarmiento de la Alta densidad con respecto a la Baja densidad de plantación.

Tabla 3. Peso de madera de poda (g/m^2), Número total de sarmientos por m^2 de suelo, Peso del sarmiento (g); Peso de madera de sarmientos francos (g/m^2), Número de sarmientos francos por m^2, Peso del sarmiento franco (g); Peso de madera de chupones (g/m^2), Número de chupones por m^2 y Peso del chupón (g), de los tratamientos (Trat.): B (Baja densidad) y A (Alta densidad) en 2009-2011. Nivel de significación estadística (Sig.): -, no significativo; *, p<0,05; **, p<0,01.

Año	Trat.	Mad. Poda	Nº Sarm.	Peso Sarm.	Mad. francos	Nº francos	Peso Franco	Mad. chupones	Nº chupones	Peso Chupón
2009	B	329	4,98	67,1	304	3,82	80,6	26,6	1,16	22,5
	A	421	4,99	84,4	381	3,99	95,2	41,2	1,00	38,2
	Sig.	**	-	*	**	-	**	**	-	*
2010	B	291	4,39	66,7	268	3,71	72,5	22,4	0,68	36,2
	A	369	4,43	84,8	343	4,01	87,6	15,3	0,41	34,5
	Sig.	*	-	*	**	-	**	*	-	-
2011	B	377	4,42	87,6	372	3,90	96,1	6,9	0,52	12,3
	A	514	4,60	111,9	500	3,78	133,2	14,9	0,82	15,2
	Sig.	**	-	**	**	-	**	*	-	-
Media	B	332	4,60	73,8	315	3,81	83,1	18,6	0,79	23,7
	A	435	4,67	93,7	408	3,93	105,3	23,8	0,74	29,3

Producción de uva

Los tratamientos de densidad de plantación aplicados apenas han provocado diferencia en la producción de uva por unidad de superficie de suelo, con un aumento del 7% favorable a la Alta densidad, a pesar de que dicha densidad ha mostrado racimos de tamaño ligeramente menor, un 4%, debido a un incremento medio del 12% en el número de racimos por unidad de superficie de suelo con respecto a la Baja densidad (Tabla 4).

Tabla 4. Producción de uva (t/ha), Número de racimos por m^2 de suelo, Peso de racimo (g), Peso de baya (g), Número de bayas del racimo e Índice de Ravaz, de los tratamientos (Trat.): B (Baja densidad) y A (Alta densidad) en 2009-2011. Nivel de significación estadística (Sig.): -, no significativo; *, p<0,05; **, p<0,01.

Año	Trat.	Producción	Nº racimos	Peso Racimo	Peso Baya	Nº bayas	Ravaz
2009	B	11,68	5,45	209	2,00	104	3,48
	A	12,05	5,83	200	1,83	110	2,90
	Sig.	-	-	*	*	-	*
2010	B	8,46	4,46	187	1,91	97	2,87
	A	8,66	5,32	162	1,81	89	2,32
	Sig.	-	*	*	-	-	*
2011	B	3,92	3,79	108	1,87	58	1,05
	A	5,05	4,23	123	1,72	72	0,97
	Sig.	*	-	*	*	*	-
Media	B	8,02	4,57	168	1,93	86	2,47
	A	8,59	5,13	162	1,79	90	2,06

El peso de la baya ha sido ligeramente mayor en la Baja densidad, un 8%, lo que ha generado un racimo más grande que en la Alta densidad, ya que el número de bayas

del racimo apenas se ha visto alterado por la densidad de plantación. Por otro lado, la relación productivo-vegetativa se ha visto significativamente reducida, un 16%, en la Alta con respecto a la Baja densidad.

En definitiva, el aumento de densidad apenas ha supuesto un ligero aumento del rendimiento en uva, debido a un leve incremento del número de racimos y a pesar de una ligera disminución del peso de la baya y, consecuentemente, del peso del racimo.

Calidad de la uva

La variación de la densidad de plantación ha afectado a algunos componentes de la uva, de forma variable (Tabla 5). La concentración de azúcares se ha visto ligeramente favorecida por el aumento de densidad, aunque la diferencia no haya sido estadísticamente significativa. El pH y la acidez titulable no han mostrado una tendencia definida, con escasas variaciones entre tratamientos, teniendo en cuenta que la acidez tartárica ha mostrado valores algo mayores en la Baja densidad y la acidez málica los ha mostrado en la Alta densidad. En todo caso, las diferencias en ninguno de los parámetros anteriores han resultado estadísticamente significativas. La concentración de potasio ha sido mayor en las bayas de la Alta densidad. La maduración antociánica se ha visto significativamente favorecida por el aumento de densidad, mientras que el índice de polifenoles totales ha mostrado una tendencia variable entre tratamientos según el año.

En resumen, el aumento de la densidad de plantación ha favorecido el proceso de maduración de la uva, con especial relevancia en la concentración de antocianos.

Tabla 5. Concentración de sólidos solubles S.S. (ºBrix), pH, Acidez titulable (g ác. tartárico/L), Ácido tartárico (g/L), Ácido málico (g/L), Índice de polifenoles totales (I.P.T.), Antocianos extraíbles (mg/L), Antocianos totales (mg/L) y Concentración de potasio (ppm), de los tratamientos (Trat.): B (Baja densidad) y A (Alta densidad) en 2009-2011. Nivel de significación estadística (Sig.): -, no significativo; *, p<0,05; **, p<0,01.

Año	Trat.	S.S.	pH	Acidez titulable	Ácido tartárico	Ácido málico	I.P.T.	Antoc. extraíbles	Antoc. totales	Potasio
2009	B	22,3	3,50	4,00			44,3	624	1052	
	A	22,9	3,58	3,78			47,6	731	1112	
	Sig.	-	-	-			-	*	*	
2010	B	23,4	3,55	5,40	5,72	2,24	66,5	816	1365	1298
	A	23,9	3,41	5,42	5,62	2,47	64,2	849	1492	1455
	Sig.	-	-	-	-	-	-	*	**	*
2011	B	24,4	3,50	4,71	6,07	2,25	75	1122	1443	2203
	A	25,0	3,56	4,79	5,99	2,28	66	1193	1596	2363
	Sig.	-	-	-	-	-	-	*	*	*
Media	B	23,4	3,52	4,70	5,89	2,24	61,9	854	1287	1750
	A	23,9	3,52	4,66	5,80	2,37	59,3	924	1400	1909

CONCLUSIONES

El aumento de densidad de plantación ha favorecido el desarrollo vegetativo, expresado como peso de madera de poda, a través del incremento del vigor del sarmiento. Asimismo, el aumento de densidad ha supuesto un ligero incremento del rendimiento en uva, debido al incremento del número de racimos y a pesar de una ligera disminución del peso de baya y, consecuentemente, del peso de racimo. En cuanto a la calidad, el aumento

de densidad ha favorecido el proceso de maduración de la uva, incrementando la concentración de azúcares, levemente, así como de potasio y de antocianos, aunque la acidez se haya visto ligeramente modificada de forma variable con los años.

Agradecimientos

El desarrollo de este trabajo ha sido posible a través del soporte financiero del INIA (proyecto RTA2008-00037-C04-02), la Junta de Castilla y León y fondos FEDER, así como de la colaboración del personal integrante del Grupo de Viticultura del ITACyL.

Referencias

Alburquerque, M.V., Cascajo, C., Vacas, R., Barajas, E., Yuste, J. (2006). Influencia de la distancia entre cepas en la variedad Tempranillo. Vida Rural, 226, 34-38.

Barajas, E. (2010). Comportamiento fisiológico y agronómico y calidad de la uva de la variedad Tempranillo, en función de la distancia entre cepas, en el valle del río Duero. Tesis Doctoral. Departamento de Producción Vegetal y Recursos Forestales. Univ. de Valladolid. 333p.

Barajas, E., Yuste, J. (2008). Influencia de la densidad de plantación en cv. Tempranillo en dos Denominaciones de Origen a lo largo del valle del río Duero. II International Congress of Mountain and Steep Slope Viticulture (CERVIM). Monforte de Lemos, Orense (Spain). 184p.

Intrieri, C., Filippetti, I., Ramazzotti, S. (2003). Concetti di base sulle distanze di impianto in viticoltura. L´informatore agrario, 48, 41-47.

Murisier, F., Ferretti, M. (1996). Densité de plantation sur le rang: effects sur le rendement et la qualité du raisin. Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic., 28 (5), 293-300.

Murisier, F., Zufferey, V. (2004). Influence de la densité de plantation sur le comportement agronomique de la vigne et sur la qualité des vins: essai sur Chasselas. II Résultats oenologiques. Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic., 36 (1), 45-49.

Pérez, Mª.A. (2002). Densidad de plantación y riego: Aspectos ecofisiológicos, agronómicos y calidad de la uva en cv. Tempranillo (*Vitis vinifera* L.). Tesis Doctoral. Dpto. Producción vegetal: Fitotecnia, Universidad Politécnica de Madrid. 287 p.

Planas, R. (1998). Incidence de la densité de plantation. Application au vignoble audois. Le Progrès Agricole et Viticole, 115 (4), 89-92.

Remoué, M., Lemaitre, C. (1985). Comparaison de differentes densités de plantation et methodes de culture du sol (non culture et enherbement permanent). Connaissance Vigne Vin, 19(4), 197-206.

Saint-criq de Gaulejac, N., Vivas, N., Glories, Y. (1998). Maturité phenolique : définition et contrôle. Revue Française d'Oenologie, 173, 22-25.

Silvestroni, O., Lattanzi, T., Manni, E., Borghesi, L. (2003). Distanze sulla fila e forme di allevamento: risultati di prove sui vitigni Verdicchio e Montepulciano. L´informatore agrario, 48, 51.

Yuste, J., Arranz, C. (2013). Respuesta a la variación de la distancia entre cepas de Tempranillo en la D.O. Arlanza, conducidas en espaldera y cultivadas en secano. Vida Rural, 359, 32-36.

Yuste, J., Arranz, C., Barajas, E., Sánchez-Llorente, P. (2008). Densidad de plantación en condiciones semiáridas: efectos productivos y cualitativos en la variedad Tempranillo cultivada en vaso en condiciones de riego deficitario. Viticultura/Enología Prof., 116, 5-13.

Yuste, J., Asenjo, J.L., Alburquerque, M.V. (2009). Modificación del crecimiento del pámpano y de la baya a través del riego y la densidad de plantación en la variedad Tempranillo. La semana vitivinícola, 3273, 1957-1962.

Efecto de tres niveles de carga en la respuesta agronómica, composición del mosto y sostenibilidad del viñedo

P. Baeza*, C. Pérez-Cidocha, I. Julián, A. Quintanilla, J.R. López-Rogel y E. García-García.

Grupo de Investigación en Viticultura de la Universidad Politécnica de Madrid. EUIT-Agrícola. Ciudad Universitaria s/n 28040 Madrid. *E-mail: pilar.baeza@upm.es

Resumen

La poda mínima tiene una relativa larga historia en los países vitícolas, tanto fuera de nuestras frontera como en España; sin embargo, los viticultores no han llegado a integrarla como otra posible gestión del viñedo, como ha sucedido con otras técnicas (mecanización de la vendimia, por ejemplo). Restricciones legales al rendimiento, la necesaria disponibilidad de agua, el mayor control que exige sobre la planta y el medio, el aspecto estético del viñedo, etc. han sido algunos de los factores que han frenado su adopción por el sector. Sin embargo, una revisión de trabajos anteriores sobre de la respuesta de la planta a la poda mínima, la hace un sistema de gestión del viñedo en consonancia con los tiempos de un futuro cercano. Rendimientos altos, retraso de la vendimia, incremento de la eficiencia del uso del agua, consecución de la calidad de mosto deseada, incremento de la sostenibilidad del cultivo, etc. Durante las campañas 20012 y 2013, en el CTTVV El Socorro (Madrid), se han ensayado 3 tipos de carga en un viñedo de Merlot injertado sobre 1103 Paulsen con riego. El tratamiento 1 consistió en una carga de 12 pámpanos/m de fila, el T2 era igual al T1 pero sin ajuste de la carga en verde; el tratamiento T3 consistió en dejar una yema más por pulgar en 2012 y en una estricta poda mínima en 2013. Los resultados de 2012 fueron un mayor rendimiento a medida que aumentó la carga sin que hubiera diferencias en la fecha de vendimia o en la composición del mosto. En 2013 se consiguió un 100% más de rendimiento en T3 respecto a T1, un retraso de hasta 3 semanas entre el T3 y T1, y no hubo diferencias considerables, de valor enológico, en la composición del mosto – peso de la baya, SST, Acidez total, pH, Nitrógeno, etc. - entre tratamientos.

Palabras clave: poda mínima, retraso vendimia, mosto, sostenibilidad, WUE.

INTRODUCCIÓN

Es conocida por enólogos y viticultores el desfase, en la baya, entre la maduración sacarimétrica y polifenólica que se produce cuando la fase III coincide con altas temperaturas y alta actividad fotosintética. Este hecho se ha difundido ampliamente en las últimas décadas dado que se ha atribuido al cambio climático, con gran repercusión mediática. Sin embargo, en nuestra situación vitícola, el incremento de la temperatura, tal como lo predicen los informes del IPCC no ha de resultar en grandes cambios cualitativos en el mosto, pues en una gran parte de nuestra superficie vitícola se sitúa en zonas en las que la maduración ya coincide con temperaturas muy por encima de las consideradas óptimas para la fotosíntesis; es decir que ésta está y estaba muy ralentizada, tanto por temperaturas altas como por la falta de agua en el suelo, produciéndose, naturalmente, un retraso de la maduración. Sin embargo, la posibilidad de regar el viñedo desde 1995, ha supuesto la introducción de un factor nuevo sin que se hayan modificado otras

características del viñedo (sistema de conducción, carga, densidad de plantas, variedades, etc.), lo que ha supuesto una distorsión del equilibrio preexistente mayor del que pudiera ocasionar el previsto incremento de las temperaturas. Es necesario buscar un nuevo equilibrio para conseguir un retraso o ralentización de la maduración. Algunos autores (Martínez de Toda y Balda, 2013) proponen una reducción de la relación hojas/fruto mientras que otros (Gu et al., 2012) proponen un retraso en la brotación de las yemas basándose en una poda y vendimia 30 días tras floración para así forzar la brotación las yemas normales - que brotarían la campaña siguiente – que serán las responsables del rendimiento del año en curso pero con una maduración muy tardía. En el presente trabajo se ha planteado evaluar el incremento de la carga como medio para retrasar la maduración pero yendo acompañada de una optimización del riego y de la forma de conducción.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el CTVV El Socorro (Colmenar de Oreja, Madrid40º 08´ 01,29´´ N y 3º 22´ 26,59´´ O) cv Merlot/1103P, durante las campañas 2012 y 2013. Las características climáticas de ambas campañas se detallan en la Tabla 1. El suelo es un *Calcixerollic Xerochrept*.

El viñedo está conducido en espaldera, formada por un cordón bilateral a 0.80 m de altura, con pulgares de 2 yemas a lo largo del mismo; la vegetación está conducida de manera semi-ascendente y libre; los pámpanos crecen conducidos entre un par de alambres a 0.3 m sobre el cordón, y luego caen formando una sombrilla o paraguas, adoptando el porte de las cepas en vaso alineadas; la orientación de filas es prácticamente N-S. El marco de plantación es 2.2 x 1.5 m.

Los tratamientos estudiados han sido: T1 o control, con una carga de 12 pámpanos por m de fila a partir de pulgares de 2 yemas; T2 es igual a T1 pero no se eliminan los pámpanos fuera de carga a lo largo del cordón; T3 en 2012 fue igual a T2 pero dejando pulgares de 3 yemas (en lugar de pulgares de 2 yemas), en 2013 T3 fue podado simulando una poda mínima, cortando los sarmientos en invierno sobre una altura de unos 0.15 m por encima del cordón. Siempre se eliminaron los chupones del tronco.

Desde tamaño guisante se muestrearon semanalmente 100 bayas por parcela elemental para el seguimiento de los parámetros básicos del mosto (peso de la baya, sólidos solubles totales, acidez total, pH) y 200 bayas por parcela elemental para el estudio de la maduración polifenólica (antocianos totales y extraíbles e índice de polifenoles totales) para determinar la fecha de vendimia; ésta se fijó, para cada parcela elemental, cuando se alcanzaron 24ºBrix. La vendimia de 2012se realizó el 26 de Septiembre en todos los tratamientos mientras que en 2013 hay una diferencia de 12 días entre la fecha media de vendimia de T1 y T3. Se vendimiaron 15 plantas-control por parcela elemental en los tratamientos 1 y 2, y 10 plantas-control en el tratamiento 3. En vendimia se contaron los racimos y los sarmientos de las plantas vendimiadas. A partir de estos datos se obtuvo el rendimiento por m^2 y el peso medio del racimo.

Se realizó un diseño experimental de 3 bloques dispuestos en filas. Cada bloque consta de 9 filas, 3 por cada tratamiento, siendo la fila central la fila-control y las dos laterales las filas borde. Dado que la longitud de las filas era muy larga - 100 m - éstas se subdividieron a su vez, a lo largo, en 3 subparcelas, de este modo, tenemos un total de 9 parcelas elementales por tratamiento.

Los criterios de riego se establecieron en función de la fenología de la planta: desde brotación a tamaño guisante (diámetro de la baya 7 mm) se buscó asegurar el completo desarrollo vegetativo de la parte aérea y que no se detuviera, por tanto, el crecimiento del pámpano, por lo que el potencial hídrico foliar hacia las 11:00 hora solar, no debía bajar de -1.0MPa; desde tamaño guisante hasta vendimia, se persiguió mantener la parada de crecimiento del pámpano y elevada actividad fotosintética, para lo cual, el mencionado potencial hídrico foliar no debía bajar de -1.25MPa. La estimación semanal de las horas de riego se realizó a partir de los datos de ETo (mm) y precipitación (mm) suministrados por una estación climática cercana, de un K(% de la ETo) determinado de modo empírico (LAI, fenología y época del año), así como de las características del sistema de riego, como el caudal del gotero (q = L/(hora·gotero)), y densidad de goteros (d = m^2/gotero) y una eficiencia del 0.9:

$$\text{Horas de riego} = (ETo \cdot K - P) / ((q/d) \cdot 0.9)$$

Tabla 1. Características climáticas durante las campañas 2012 y 2013.

	ITe	Precipitación ($01/11_i$-$31/10_{i+1}$)	Precipitación (01/04 al 31/10)	ETo (01/04 al 31/10)	Tª media mes más cálido	Tª media mes anterior a vendimia
	ºC	mm	mm	mm	ºC	ºC
2012	2091	284	189	947	25.5 (agos.)	25.5 (agos.)
2013	1984	336	155	875	24.7 (jul.)	22.1(ago-sept)-20.1(sept)

El potencial hídrico foliar se midió al finalizar el ciclo semanal de riego (lunes a las 11:00 hora solar). Posteriormente, en función de los datos del potencial hídrico y de las previsiones climáticas para la semana siguiente, se ajustaban las horas de riego al alza o a la baja. El total de agua aportada en cada tratamiento. La cantidad de agua aplicada a cada tratamiento figura en la Tabla 2.

El LAI se midió en 2012 estableciendo una relación previa entre el porcentaje de suelo sombreado y la superficie foliar por cepa. Para lo cual se midió el suelo sombreado a las 11 horas (UTM) aproximadamente en 37 cepas de los 3 tratamientos a lo largo de la campaña con una cámara de fotos digital y se midió la superficie foliar en una medidor de área foliar Delta T. La superficie de suelo sombreado se calculó utilizando adobe photoshop CS6. En vendimia se fotografió la sombra de 5 cepas por parcela elemental, lo que supone tener el LAI de un total de 45 cepas por tratamiento (Tabla 2).

Tabla 2. Cantidad de agua de riego (mm) aplicada a cada tratamiento en 2012 y 2013.

	T1		T2		T3		Inicio del riego	Final de riego
	mm	LAI	mm	LAI	mm	LAI		
2012	118	1.04	139	1.31	239	1.43	08 Junio	12 Septiembre
2013	228		246		275		05 Julio	28 Septiembre

LAI: Leaf area index (m^2 de superficie foliar · m^{-2} de suelo).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento

Las diferencias en el rendimiento y en el tamaño del racimo se producen desde el primer año de estudio (Tabla 3). El primer año se produjo un incremento del rendimiento respecto al testigo T1 del 31% y del 135% para los tratamientos T2 y T3 respectivamente. El segundo año, las diferencias se mantienen, siendo del 40% y del 121% para el T2 y T3 respectivamente. Los racimos son más pequeños a medida que aumenta la carga, incrementándose las diferencias entre tratamientos con el tiempo; las causas hay que buscarlas en una competencia por las reservas entre desarrollo vegetativo y diferenciación floral desde hinchado de yemas y, posteriormente, en la tasa de cuajado. Por el contrario, el tamaño d las baya no se ha visto afectado, dado que se favoreció multiplicación celular hasta tamaño guisante y a continuación se ajustó la dosis de agua al desarrollo foliar y estado hídrico de cada tratamiento. Cabe esperar, como se verá a continuación, que las características del mosto que dependen de la relación hollejo / pulpa no se vean afectadas.

Tabla 3. Análisis del rendimiento, peso del racimo y peso de la baya en 2012 y 2013.

		Rendimiento	Peso medio del racimo	Peso de la baya	Agua de riego
		t/ha	g	g	L/kg de uva
2012	T1	6.5 c	93 a	0.82	180
	T2	8.5 b	69 b	0.80	164
	T3	15.3 a	71 b	0.77	157
	Sig	*	*	ns	
2013	T1	12.7 c	127 a	0.93	179
	T2	17.8 b	90 b	0.94	138
	T3	28.1 a	67 c	0.95	98
	Sig	***	**	ns	

T1: 12 pámpanos/m de fila; T2: igual a T1 sin poda en verde; T3: poda mínima; ns, *, **: no significativo y significativo al 5% y 10% respectivamente.

Composición del mosto

Los resultados no son muy diferentes a los obtenidos por otros autores (Archer y Schalkwyk, 2007; Martínez de Toda y Sancha, 1999). No hay diferencias importantes entre tratamientos para el mismo nivel de maduración de la baya (vendimia con 24ºBrix) (Tabla 4). En 2012, hay diferencias en la acidez total y pH, siendo T3 el tratamiento con mayor acidez pero este hecho se debe a un retraso de la maduración, ya que el contenido de azúcares es también menor. Ningún año se produjeron diferencias en la maduración polifenólica y todos los mostos han dado valores con los que se podría elaborar todo tipo de vino de mesa. El contenido en nitrógeno en el mosto dio diferencias en 2012 siendo más alto en el T1, el tratamiento con menos carga, sin embargo los valores obtenidos están por encima de los mínimos recomendables (150 mg/L) para que se produzca un buen arranque de la fermentación y mantenimiento de la población de levaduras; sin embargo, en 2013 no hay diferencias pero los valores obtenidos recomiendan incrementar la fertilización nitrogenada pues se ha producido un marcado descenso respecto al año anterior debido al incremento de rendimiento en todos los tratamientos. A pesar de que Merlot se ha descrito generalmente como un cultivar con vocación vitícola por las zonas frescas (zona II), los resultados obtenidos en este ensayo demuestran que con un

adecuado manejo del viñedo se pueden obtener mostos adecuados en zona cálida (zona III de Winkler y Amerine). Por otro lado, es de destacar el buen equilibrio azúcar/acidez obtenido en esta variedad pues el pH es del 3.6 cuando el ºBrix alcanza el 25.9º.

Fecha de vendimia

El resultado más relevante ha sido el desplazamiento de la fecha de vendimia en 2013 al incrementar la carga en racimos y disminuir la relación hojas/fruto (Murisier, 1996; Martínez de Toda y Balda, 2012), de modo que la maduración se ha producido con temperaturas más frescas (Tabla 1).Este desplazamiento se ha producido el año de campaña más fresca. En 2012, campaña ligeramente más cálida (Tabla 1), a pesar de que T3 posee una carga del 131% de T1, la vendimia se produjo el mismo día en todos los tratamientos. Este resultado pudo ser debido a una movilización de sustancias de reserva el primer año de ensayo, ante el incremento de sumideros, o bien, a que el potencial retraso de la maduración se compense con una integral térmica alta en zonas o años más cálidos y que haya que hacer uso de otras técnicas para retrasar la maduración, tal como la propuesta por Gu et al. (2013) que consiste en poda por encima del nudo 6-8 y vendimia 30 días tras floración, para favorecer la brotación de las yemas normales un año antes, que serán de las que dependerá la cosecha definitiva.

Tabla 4. Análisis básico del mosto en las vendimias 2012 y 2013.

		SST	Ac.Titulable	pH	Ant. Totales	Ant.Extraíbles	IPT	NFA	K^+
		ºBrix	g de TH_2/L		mg/L de malvidina	mg/L malvidina	IPT	mg/L	mg/L
2012	T1	25.9	4.63 b	3.60 a	1236	667	59	206 a	982
	T2	25.5	4.64 b	3.63 a	1151	675	58	196 ab	956
	T3	24.5	5.11 a	3.53 b	1170	670	57	173 b	793
	Sig	ns	*	*	ns	ns	ns	*	ns
2013	T1	25.0	5.14	3.39	1510	710	60	137	965
	T2	24.5	6.02	3.36	1464	689	55	140	821
	T3	24.7	5.73	3.32	1532	677	55	158	855
	Sig	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns

T1: 12 pámpanos/m de fila; T2: igual a T1 sin poda en verde; T3: poda mínima; SST: sólidos solubles totales; Ac: acidez; Ant.:antocianos; NFA: nitrógeno fácilmente asimilable; Sig.: Significación estadística. ns, *, **: no significativo y significativo al 5% y 10% respectivamente.

Eficiencia en el uso del agua (WUE)

La relación entre la cantidad de agua de riego utilizada y el rendimiento arroja una eficiencia del uso del agua (L/kg uva) que aumenta medida que lo hace el rendimiento (Tabla 3), a pesar de su mayor uso, en valor absoluto, debido al mayor desarrollo foliar, como corresponde a una mayor carga en yemas y al porte libre de la vegetación. El aspecto positivo de este resultado es el incremento de la sostenibilidad del cultivo para cargas altas y altos inputs, mientras que, por otro lado, lleva implícito una de las limitaciones para la implantación de esta gestión del cultivo que es la indispensable disponibilidad de este recurso.

Por el contrario, el gasto de agua por unidad de superficie foliar en 2012 ha sido mayor en el tratamiento 3 en términos relativos que en el T1 y T2; es muy posible que

esto sea debido al manejo del riego pues al no disponer de electroválvulas en cada tratamiento la gestión se complica. Habría que mejorar este aspecto.

Sostenibilidad del cultivo

La optimización de la gestión del viñedo mediante la poda mínima implica un gasto mayor en energía y agua, en valor absoluto, pero un menor gasto por kg de uva producido. Es muy posible, aunque no ha sido evaluado en este ensayo, que también implique un mayor gasto de fertilizante nitrogenado respecto a T1 y T2; su estudio (NFA en mosto) requiere su seguimiento en el tiempo pues pudiera ser que el nitrógeno está capturado temporalmente en los sarmientos y se libere progresivamente tras la poda y descomposición de los mismos y de tiempo a instaurarse el nuevo equilibrio del cultivo. Por el contrario, los tratamientos 2 y 3 suponen un ahorro muy importante de mano de obra necesaria para la regulación de la carga en T1 (40 horas/ha). El resto de los costes de cultivo (tratamientos, alquiler de vendimiadora, etc.) es el mismo para todos los tratamientos.

CONCLUSIONES

La gestión del viñedo mediante poda mínima ha supuesto un incremento del rendimiento entre el 135-121% sin que de los parámetros básicos del mosto se hayan visto afectados. La razón hay que buscarla en parte, en un retraso en la maduración de las bayas y aunque es un resultado de este estudio, no es en modo alguno concluyente, pues es necesaria una mayor repititividad de los resultados. La adecuación del nivel riego al incremento inherente de las exigencias hídricas al aumentar la superficie foliar y los sumideros, ha resultado en una mayor eficiencia en el uso del agua. La principal limitación a esta gestión del cultivo es precisamente la disponibilidad de este recurso.

Agradecimientos

El presente trabajo ha podido realizarse gracias a las infraestructuras y personal de campo del CTVV El Socorro (IMIDRA Comunidad de Madrid)

Referencias

Archer, E. y van Schalkwyk, D. (2007). The effect of alternative pruning methods on the viticultural and oenological performace of some winegrapes varieties. S. Afr. J. Enol. and vitic. 28(2): 107-139.

Gu, S., Jacobs, S.D., McCarthy D.S. y Gohil, H.L. (2012). Forcing vine regrowth and shifting fruit ripening in a warm region to enhance fruit quality in Cabernet Sauvignon grapevine (*Vitis vinifera* L.). Horticultural Sci., 87: 287-292.

Martínez de Toda, F. y P. Balda. (2013). Delaying berry ripening through manipulating leaf area to fruit ratio. Vitis 52(4): 171-176.

Martínez de Toda, F. y Sancha, J.C. (1999). Comportamiento del viñedo (Vitis vinífera L. cv Garnacha tinta) durante nueve años de poda mínima en Rioja. Inv. Agr: Prod y Port. Veg. 14 (1-2): 15-23.

Murisier, F. (1996). Optimilisation du rapport feuille-fruit de la vigne pour favoriser la qualité du raisin et l'accumulation des glucides de reserve. Relation entre le rendement et la chlorosis. PhD Thesis l'École Polithecnique Federale de Zurich.

Impacto del portainjerto y el deshojado en la composición de la uva de la variedad Marselan

M. Nadal*, A. Sánchez-Ortiz, M. Azuara y C. Leriche.

Vitivinicultura, Departament de Bioquímica i Biotecnologia, Facultat d'Enologia, Universitat Rovira i Virgili, Campus Sescelades, 43003, Tarragona. *E-mail: montserrat.nadal@urv.cat

Resumen

La variabilidad climática intranual puede causar efectos negativos en el cultivo de la vid que se traducen en cambios fisiológicos, disminución de la cosecha y variaciones en la calidad de la uva. En este sentido, el cultivo de la variedad tinta Marselan (*V. vinifera* Garnacha x *V. vinifera* Cabernet sauvignon) podría mejorar el color de los vinos con influencia mediterránea si adquiere de sus parentales el aroma de Garnacha y la composición fenólica de Cabernet sauvignon. El presente estudio se ubica en el viñedo de la Universidad Rovira i Virgili (Tarragona), de típico clima mediterráneo se caracteriza por inviernos templados y veranos húmedos y cálidos. El suelo es fersialítico, de textura franco-limosa, con pH 8,2 y 56% de carbonatos y capacidad de reserva hídrica media. El viñedo en espaldera comprende hileras con orientación sur-oeste, un marco de plantación 2,4m x 1,1m, poda en cordón bilateral y una altura de vegetación de 1,2m. La variedad Marselan se halla injertada en Richter-110, 41B, 140-Ruggeri y Fercal; cada combinación variedad/portainjerto consta de 16 cepas y se hallan distribuidas en un diseño *Split-Plot* en tres bloques de repetición. En la añada 2013 se establecieron dos tratamientos en cada portainjerto: desnietado y severo deshojado a nivel del racimo (D) y control (deshojado mínimo) (C). El muestreo de bayas se realizó desde envero hasta la vendimia. Se determinaron peso de la baya, ºBrix, pH, acidez total, antocianos totales y antocianos extraíbles. Los resultados obtenidos fueron analizados mediante (ANOVA) y el test de Tukey (SPSS versión 21.0). Los resultados indican un mayor crecimiento vegetativo en 140Ru y 41B; aunque 140Ru mostró el mayor peso de baya, mientras 41B, el menor. La cinética en maduración de 140Ru fue lenta y se alcanzaron al final del período los valores más elevados de acidez de la uva. El efecto del deshojado se evidenció en la acumulación de antocianos, significativamente más elevada en todos los patrones. El deshojado tiende a favorecer el aumento de azúcares en las bayas, con poca incidencia en la acidez. Los portainjertos Fercal y 41B, en clima mediterráneo y suelos calcáreos profundos, alcanzaron altas concentraciones de antocianos tanto en control como en deshojado.

Palabras clave: *Vitis vinifera,* clima, maduración, antocianos, vigor.

INTRODUCCIÓN

La concentración de azúcares, ácidos y fenoles en la uva puede ser alterada por diversos factores, entre los más importantes, el medio (clima, suelo, topografía, etc.) y las prácticas vitícolas aplicadas en el manejo de la vid. La temperatura, precipitación y el agua disponible en el suelo provocan distintas respuestas de la planta y repercuten en la fisiología de la maduración, afectando directamente o indirectamente el rendimiento, la composición de la uva y la calidad del vino final (Jackson y Lombard, 1993; Jones et al., 2005). Con el objetivo de mitigar los efectos de la variabilidad intranual se apunta, entre

otras, la modificación de la canopia mediante prácticas culturales, la utilización de portainjertos resistentes a la sequía y la expansión de variedades viníferas más plásticas. El uso de portainjertos que se adapten a diversas condiciones dando lugar a rendimientos sostenibles, proporciona una alternativa prometedora para controlar el crecimiento de la planta en respuesta al estrés y a las condiciones climáticas y edáficas específicas de cada zona vitícola. En relación a la gestión de la poda en verde, diversos autores (Hunter et al., 1991; Hunter, 2000; Poni et al., 2009; Diago, 2010; Martínez de Toda et al., 2013) han estudiado el efecto del deshojado a distintos niveles de restricción y en diversas etapas del ciclo de la vid, desde floración hasta envero. Los resultados presentan cierta controversia, en general, se observa una disminución de producción y mejora la composición de la uva. Algunos de los efectos son la reducción del tamaño de la baya y el aumento de la acidez de la uva (deshojado precoz). La influencia del deshojado tardío mejora el microclima de la cepa favoreciendo el aumento de antocianos.

En la actualidad existen pocos estudios de la variedad Marselan sobre su adaptación al medio y la evolución de los compuestos de calidad durante la maduración de la uva. Marselan (*V. vinifera* Garnacha x *V. vinifera* Cabernet Sauvignon) puede resultar interesante si reúne de sus parentales el aroma de Garnacha y los fenoles del Cabernet, de manera que pueda dar soporte en mezclas con Garnacha para la obtención de vinos *vcprd*. El objetivo del estudio es evaluar la respuesta de la variedad Marselan en clima mediterráneo; su desarrollo y rendimiento así como la composición de la baya óptima para producir vinos de calidad. El presente estudio evalúa el efecto de 4 portainjertos (R-110, 140Ru, 41B y Fercal) y de la práctica del deshojado, en el rendimiento y calidad de la uva de la variedad Marselan.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo está formado por 3 bloques de repetición distribuidos al azar (Split-plot) en el viñedo experimental de la Facultad de Enología de la URV en Constantí (Lat: 41,15º, Long: 1,217), Tarragona. El clima por su proximidad al mediterráneo se caracteriza por inviernos templados y veranos húmedos y cálidos. El suelo es fersialítico, de textura franco-limosa, con pH 8,2 y 56% de carbonatos y capacidad de reserva hídrica media. El diseño experimental comprende hileras de Garnacha, Marselan y Cabernet sauvignon en los portainjertos Richter-110, 140-Ruggeri, 41B y Fercal. R110 (*V. berlandieri* x *V. rupestris*); 140Ru (*V. berlandieri* x *V. rupestris*); 41B Millardet et de Grasset (MGt) (*V. vinifera* chasselas x *V. berlandieri*) y Fercal (*V. berlandieri* x 31-Richter [*V. berlandieri* x [*V. Riparia* x *V. Rupestris* x *V. candicans*]]). En este estudio se presentan únicamente los resultados de 2013 en Marselan (MN) clon 980. El viñedo se estableció en 2009 con un marco de plantación de 2,4m x 1,1m y filas orientadas al suroeste. El sistema de conducción es vertical y la poda en cordón bilateral alcanza una altura media de vegetación de 1,2m. Antes de floración se homogeneizaron las cepas del ensayo. Cada parcela combinación variedad/portainjerto está constituida por 16 cepas. La poda en verde, realizada después del cuajado y en envero, supuso la eliminación de 4 hojas alrededor del racimo en 8 cepas control (C) y de 7 hojas alrededor del racimo y de los nietos principales del sarmiento en 8 cepas del tratamiento de deshojado (D). Las medidas en planta se realizaron en 2 cepas por bloque y portainjerto (6 en total); y 3 muestreos de bayas en los 3 bloques de repetición, por cada portainjerto. La red meteorológica RuralCat permitió referenciar la climatología de la añada. El crecimiento se determinó midiendo el número de sarmientos por cepa y la longitud del nervio central

(LNc) de las hojas con LNc>6cm. Partiendo de LNc, se calculó el área de la hoja mediante la recta de la ecuación (1) resultado de la medición previa de 100 hojas:

$$(1)\ \text{Área foliar} = ((2041 \times LNc) - 7992) / 10^6$$

En vendimia se obtuvo el peso del racimo y el rendimiento por cepa. Muestreos de 400 bayas por tratamiento y repetición se llevaron a cabo en 10 fechas distintas durante la maduración. Se analizaron ºBrix (por refractometría con control de temperatura a 20°C), la acidez titulable total (ATT en g/L de ácido tartárico) y pH (potenciometría). En el análisis de maduración fenólica de baya entera se determinaron los antocianos totales, los antocianos extraíbles y el índice de polifenoles totales (IPT) utilizando el método de Glories modificado (Ribéreau-Gayon et al., 2000; Nadal, 2010). Los resultados fueron procesados estadísticamente (ANOVA) y las diferencias entre tratamientos se determinaron mediante el test de Tukey (SPSS versión 21.0).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la primera semana de envero (del 24 al 30 de julio en 2013) se registraron los valores máximos en temperatura máxima (Tmax) y déficit de presión de vapor (DPV) (Figura 1). A lo largo del mes de Agosto y Septiembre, las Tmax sólo descienden ligeramente y se asocian a valores notablemente elevados de DPV. Este hecho nos muestra la variabilidad intranual, puesto que raramente se dan estos episodios de calentamiento y DPV tan elevados en el mes de Septiembre, cerca de la vendimia. El segundo máximo de DPV (días 7 al 12 de Agosto) coincide con el final del envero y marca el cambio de cinética en la evolución de azúcares, acidez y fenoles.

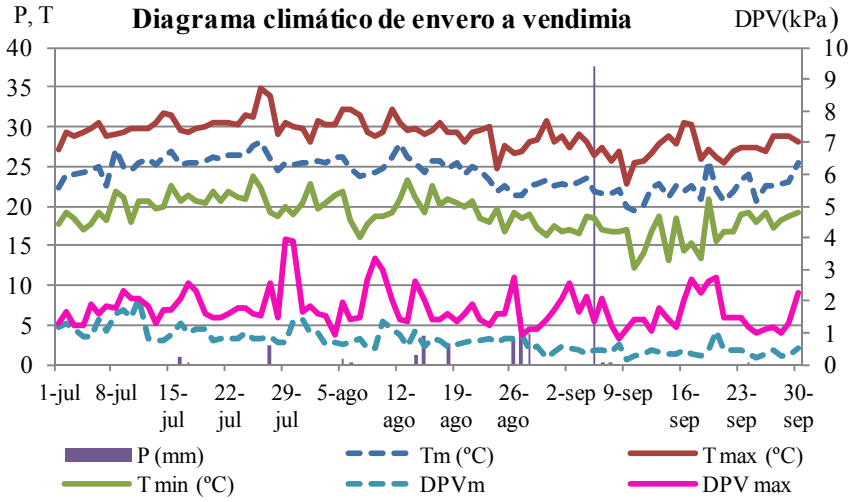


Figura 1. Diagrama climático 2013. Precipitación (P); Temperatura mínima (Tmin), media (Tm) y máxima (Tmax); Déficit presión vapor (DPV) medio (m) y máximo (max).

La evolución de la acidez sigue el mismo modelo en R110 y Fercal, en los cuales disminuye bruscamente entre los días de muestreo 5 y 8 de Agosto (Figura 2). El efecto combinado de las altas temperaturas y bajas humedades relativas durante estos días (final de envero) fue probablemente el causante de la rápida disminución de ácidos en la baya.

Contrariamente al resto de patrones, la disminución de la acidez en 140Ru fue progresiva a lo largo de envero y maduración.

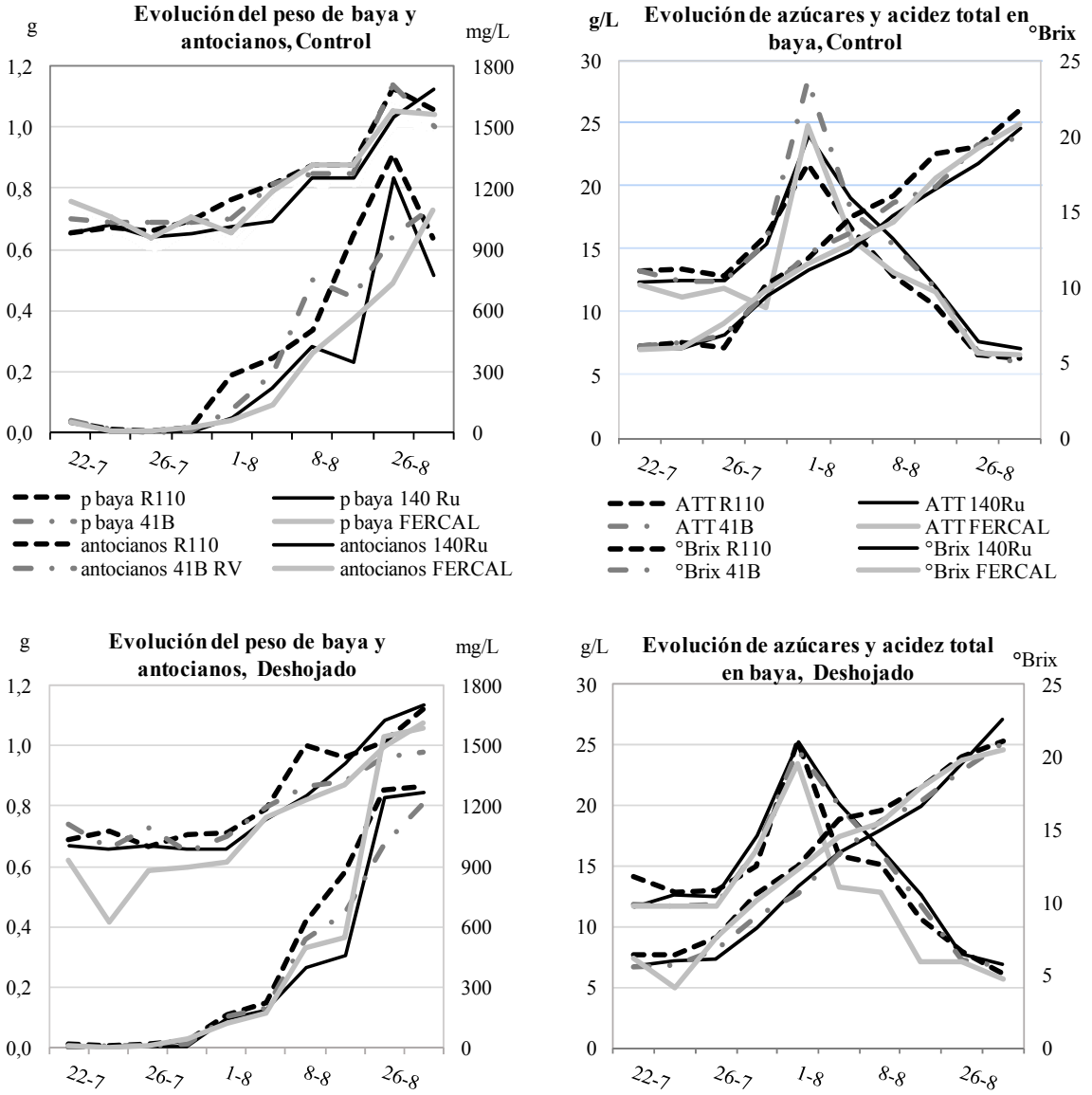


Figura 2. Evolución del peso de la baya, antocianos, azúcares (ºBrix) y acidez total (ATT) durante envero y maduración. Tratamientos control y deshojado.

En relación al deshojado (Figura 2), únicamente en Fercal los niveles de acidez del (C) tienden a mantenerse más elevados respecto de (D). 140Ru mostró cierto retraso en la acumulación de azúcares en esas mismas fechas, sin embargo entre tratamientos, el (D) tiende a favorecer la acumulación de azúcares al final de maduración. En Fercal y R110 se observó una mayor aceleración en acumulación de azúcares en envero en el tratamiento (D) respecto al (C). A finales de envero (1 de Agosto) se ralentiza la acumulación de antocianos en las bayas excepto en R110 (consecuencia de la severidad de la climatología). A continuación, entre una o dos semanas después del envero (8-14 de agosto) se dispara la acumulación de antocianos en baya. Los patrones R110, Fercal y

41B son los más precoces en finalizar el envero y en esta fecha muestran un incremento rápido de antocianos, sin embargo, 140Ru sufre un retraso en la coloración de las bayas que asimismo se refleja en su cinética. Dos semanas antes de la vendimia las bayas en tratamiento (D) alcanzaron concentraciones más elevadas de antocianos en todos los portainjertos. Fercal fue el patrón que presentó mayor diferencia en la cinética de acumulación de antocianos, favorecida por el efecto del deshojado.

Tablas 1 y 2. ANOVA y test de Fisher ($p \leq 0,5$). Letras distintas en la primera columna corresponden al análisis estadístico para la variable portainjerto. En la segunda columna, se comparan dos a dos el tratamiento control /deshojado para cada portainjerto.

Tabla 1. Desarrollo vegetativo y producción.

Patrón	T	Área foliar m^2		Peso racimo g		Peso baya g	
R110	C	2,26 (0,43)	b/a	161 (53)	b/a	1,06 (0,02)	ab/a
140Ru	C	2,34 (0,43)	b/a	256 (111)	a/a	1,12 (0,07)	a/a
41B	C	3,72 (0,45)	a/a	212 (107)	a/a	1,01 (0,00)	b/a
Fercal	C	2,94 (0,52)	ab/a	205 (79)	ab/a	1,04 (0,03)	ab/a
R110	D	2,42 (0,22)	a/a	196 (70)	a/a	1,12 (0,07)	a/a
140Ru	D	2,75 (0,34)	a/a	244 (82)	a/a	1,13 (0,01)	a/a
41B	D	3,17 (0,71)	a/a	211 (77)	a/a	0,98 (0,06)	b/a
Fercal	D	2,84 (0,63)	a/a	179 (72)	a/a	1,07 (0,06)	a/a

Tabla 2. Composición de la uva en final de maduración (10 Septiembre). Acidez total (ATT en g de ácido tartárico), Antocianos totales (ANT T en $mg.baya^{-1}$) y Antocianos extraíbles (ANT E en $mg.baya^{-1}$).

Patrón	T	ºBrix		ATT g.L-1		pH		ANT T mg.b-1		ANT E	mg.b-1
R110	C	21,7 (0,1)	a/ a	6,37 (0,46)	ab/a	3,09 (0,01)	a/ a	959 (113)	ab/b	463 (22)	a/ b
140Ru	C	20,6 (0,5)	b/ b	7,14 (0,17)	a/ a	3,10 (0,01)	a/ a	769 (105)	b/ a	475 (41)	a/ b
41B	C	19,9 (0,1)	c/ b	5,91 (0,17)	b/ b	3,14 (0,03)	a/ a	1113 (70)	a/ a	512 (74)	a/ b
Fercal	C	20,8 (0,1)	b/ a	5,90 (0,21)	b/ a	3,12 (0,00)	a/ a	1094 (30)	a/ b	486 (99)	a/ b
R110	D	21,1 (0,5)	a/ a	6,12 (0,30)	b/ a	3,08 (0,00)	b/ a	1294 (64)	b/ b	879 (28)	b/ a
140Ru	D	21,6 (0,3)	a/ a	6,88 (0,15)	a/ a	3,05 (0,00)	c/ b	1264 (102)	b/ a	1021 (23)	a/ a
41B	D	21 (1,0)	a/ a	6,73 (0,15)	ab/a	3,05 (0,10)	c/ a	1214 (17)	b/ a	960 (99)	a/ a
Fercal	D	20,5 (0,0)	b/ a	5,74 (0,12)	b/ a	3,13 (0,01)	a/ a	1584 (46)	a/ a	919 (16)	ab/a

El menor crecimiento foliar tiende a asociarse al patrón R110 (Tabla 1) debido a su peor adaptación a la caliza del suelo. El patrón 41B presenta el mayor desarrollo vegetativo, aunque cabe destacar el vigor más elevado de 140Ru, del cual se extrajo una masa foliar en la poda en verde que triplica a 41B (datos no presentados). El menor peso de racimos se corresponde con R110 mientras que los de mayor tamaño, a 140Ru. En los dos tratamientos (C y D), la baya menor corresponde a 41B, mientras que 140Ru presenta las bayas más grandes. Los valores de desarrollo vegetativo y de producción obtenidos comparando (C) y (D) no se diferencian estadísticamente. Poni et al. (2009) tampoco encontraron diferencias en tamaño de baya consecuencia del deshojado.

El deshojado tiende a incrementar la concentración de azúcares en baya, siendo los patrones 140Ru y 41B los más favorecidos por esta técnica (Tabla 2). En cuanto a la acidez destacó el 140Ru con los valores de ATT más elevados, tanto en el tratamiento (C)

como en (D). Referente a la concentración de antocianos en el tratamiento (C), Fercal y 41B resultaron significativamente más altos que los otros patrones. El deshojado aumentó el color en todos los portainjertos.

CONCLUSIONES

El efecto del deshojado entre portainjertos se traduce en escasas variaciones en la composición de la pulpa, sin embargo esta técnica favorece la acumulación de antocianos en todos los portainjertos ensayados. El patrón más vigoroso (140Ru) presenta una cinética más lenta en la síntesis y acumulación de compuestos de calidad durante envero y maduración. Fercal y 41B en las condiciones de este ensayo (portainjertos definidos por poseer vigor medio) muestran resultados prometedores en relación al crecimiento y desarrollo de la planta, así como por el contenido de antocianos en la baya.

Agradecimientos

Subvención del Proyecto Nacional MICINN (Ref. AGL 2011-30408-C04-02)

Referencias

Diago, M.P. (2010). Estudio y desarrollo del deshojado precoz como técnica para controlar el rendimiento de Vitis vinifera. Efectos sobre el desarrollo vegetativo, los componentes de la producción, así como sobre la composición y la calidad de la uva y del vino. T.Doc., U. Rioja.

Hunter, J.J., de Villiers, O.T., Watts, J.E. (1991). The Effect of Partial Defoliation on Quality Characteristics of Vitis vinifera L. cv. Cabernet Sauvignon Grapes 1. Sugars, Acids and pH, S Afric J Enol and Vitic 12(1), 42–50.

Hunter, J.J. (2000). Implications of seasonal canopy management and growth compensation in grapevine. S. Afr. J. Enol. Vitic., 21, 81-91.

Jackson, J.I., Lombard, P.B. (1993). Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality – A review. Am. J. Enol. Vitic., 44, 409-429.

Jones, G.V., White, M.A., Cooper O.R., Storchmann K. (2005). Climate change and global wine quality. Climatic Change, 73, 319-343.

Martínez de Toda, F., Sancha, J.C., Balda, P. (2013). Reducing the Sugar and pH of the Grape (*Vitis vinifera* L. cvs. ’Grenache ' and 'Tempranillo') Through a Single Shoot Trimming, S. Afr. J. Enol. Vitic., 34(2), 246–251.

Nadal, M. (2010). Phenolic maturity in red grapes. In: Methodologies and results in grapevine research. Delrot S., Medrano H. Bavaresco L., et al., Springer Science, Heidelberg, Germany.

Poni, S., Casalini, L., Bernizzoni, F., Civardi, S. Libelli, N. (2009). Effects of pre-bloom leaf removal on growth of berry tissues and must composition in two red Vitis vinifera L. cultivars. Aust. J. Grape Wine Res., 15, 185-193.

Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, B., Lonvaud, A. (2000). Handbook of Enology. The Microbiology of Wine and Vinifications, vol. I. Wiley, West Sussex, England.

¿Es posible incrementar la eficiencia en el uso del agua modificando la orientación de las filas y la inclinación de la espaldera de los viñedos?

I. Buesa[1], G. Caccavello[2], M.C. Merli[3], H. Puerto[4], A. Ruiz-Canales[4], J.M. Molina[5] y D.S. Intrigliolo*[1,6].

1 Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Centro Desarrollo Agricultura Sostenible, Apartado Oficial 46113, Moncada, Valencia.
2 Universitá degli studi di Napoli Federico II, Dipartimento di Agraria, Via universitá, 100, Napoli (Italia).
3 Universitá Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza, Instituto di Frutti Viticultura, via Emilia Parmense 84, Piacenza (Italia).
4 Universidad Miguel Hernández, Escuela Técnica Superior de Orihuela, Orihuela, Alicante, Carretera de Beniel Km 3.2, 03312, Orihuela, Alicante.
5 Universidad Politécnica de Cartagena, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica. Paseo Alfonso XIII, 48, 30203, Cartagena, Murcia.
6 CSIC, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, Campus Universitario Espinardo, 30100, Murcia. *E-mail: dintri@cebas.csic.es

Resumen

En este trabajo se resumen las investigaciones realizadas encaminadas a cuantificar la influencia que tienen la orientación de las filas del viñedo y la inclinación de las espalderas con respecto a la vertical sobre la transpiración, la productividad, la eficiencia en el uso del agua y la composición de la uva. Las investigaciones se llevaron a cabo en vides de la variedad Bobal tanto en maceta como en campo. Los resultados ponen de manifiesto que la orientación de las filas este-oeste permite reducir la transpiración en un 15% con respecto a la orientación norte-sur. Por otro lado, en viñedos plantados norte-sur, inclinar la espaldera 30º hacia el oeste para reducir la radiación interceptada por las cepas a primera hora de la tarde cuando la demanda evaporativa es mayor, no permite reducir el consumo diario de agua. Sin embargo, la inclinación de las espalderas hacia el oeste, puede incrementar la productividad del viñedo, seguramente debido a la mayor cantidad de radiación interceptada por las cepas a primera hora de la mañana cuando la capacidad fotosintética de las vides es mayor. Los resultados obtenidos muestran el papel que puede jugar el diseño del viñedo y la arquitectura del dosel vegetal sobre la eficiencia en el uso del agua a nivel de planta entera.

Palabras clave: radiación interceptada, relaciones hídricas, transpiración, *Vitis vinifera*.

INTRODUCCIÓN

La productividad y el consumo de agua de las plantaciones dependen en gran medida de la cantidad de radiación solar que intercepta el dosel vegetal. En cultivos con un grado de cobertura vegetal del suelo inferior al 100%, la luz capturada por la vegetación depende tanto del desarrollo vegetativo como del sistema de conducción y del diseño de las plantaciones. Por otro lado, la respuesta fisiológica de las plantas, en particular la estomática, se ve influenciada también por las condiciones ambientales repercutiendo de forma directa en el intercambio gaseoso. A escala temporal diaria, el nivel de fotosíntesis, la transpiración y por lo tanto la eficiencia en el uso del agua (EUA),

no solo son función del nivel de radiación interceptada sino también del momento del día en el que dicho nivel se alcanza. Por ejemplo, Corelli-Grapadelli (2003) demostró en manzano que la fotosíntesis de todo el árbol era menor por la tarde que por la mañana, a pesar de que los niveles de radiación interceptada en esos momentos eran iguales. Esto es debido a que, en general, en las horas centrales del día y durante la tarde, la temperatura y el déficit de presión de vapor del aire son mayores que por la mañana, lo que tiene un efecto directo sobre la tasa de evaporación de agua en las hojas.

Para el caso de viñedos en espaldera mayoritariamente plantados en dirección de las filas norte-sur, existe la posibilidad de modificar fácilmente el nivel de radiación interceptada por las plantas a lo largo del día, aumentándolo o disminuyéndolo en función del grado de inclinación de la vegetación con respecto a la dirección de la radiación incidente.

La hipótesis de partida es que en aquellas plantaciones de vid con orientación de las filas norte-sur, la inclinación de la vegetación hacia el oeste puede incrementar la EUA ya que se reduciría la radiación interceptada por la vid en las primeras hora de la tarde, cuando la demanda evaporativa es mayor que a primeras horas de la mañana. Por otra parte, se pretende comprobar en una espaldera vertical tradicional de qué manera la orientación de las filas del viñedo (norte-sur frente a este-oeste) puede influir sobre el consumo de agua de las cepas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Experimento en un viñedo comercial

El experimento se realizó en una parcela comercial plantada en 2002 de *Vitis vinifera* cv. Bobal sobre el patrón 110-R a un marco 2,5 por 1,5 m en Requena (39ºN, altitud 700 m). Hasta el comienzo de los ensayos en el año 2012, toda la parcela se regaba de forma deficitaria aplicando en torno a 50 mm·año^{-1} en todas las cepas. El suelo de la parcela es de textura franco arcillosa a arcillosa ligera con una profundidad útil de en torno a 2 m y una capacidad de retención de agua de unos 180 mm·m^{-1}.El clima es de tipo continental semiárido con una pluviometría anual media de 450 mm, de los cuales el 65% ocurren en el periodo de reposo vegetativo.

La parcela experimental consta de 4 tratamientos (2 tratamientos de riego x 2 tipos de espaldera) en un diseño split-plot de bloques completo al azar, con 4 repeticiones (bloques) y 35 plantas por parcela elemental con 5 filas y 7 cepas por fila. Las filas exteriores se emplearon como guarda. Cada una de las 16 parcelas experimentales se dividieron en dos sectores ensayándose dos tipos de espaldera: 1) Vertical tradicional y 2) Espaldera inclinada 30 º hacia el oeste modificando la espaldera (Foto 1).

Los dos tratamientos de riego fueron: 1) Secano (sin aporte de riego) y 2) Riego deficitario, regado remplazando únicamente el 35% de la evapo-transpiración del cultivo (ETc) que se estimó como producto de la evapo-transpiración de referencia (ETo) y del coeficiente de cultivo (Kc). El Kc empleado en el tratamiento de máximo riego varió a lo largo de la estación según el esperado desarrollo del cultivo y se incrementó gradualmente desde 0.25 en Junio hasta 0.55 en Agosto. Las cepas se regaron por goteo con 1 emisor de 4 L•h-1 por cepa. Todos los tratamientos se fertilizaron con 30-20-60-16 kg·ha^{-1} de N, P2O5, K2O, y MgO, respectivamente.

Foto 1. Detalle del sistema de conducción puesto a punto mediante el cual es posible mantener las espalderas inclinadas unos 30º hacia el oeste.

La producción se determinó en cada una de las 3 filas interiores de cada parcela experimental. El peso de la baya se determinó en muestras al azar de 400bayas por parcela experimental. Los principales componentes de calidad de los mostos se determinaron en las mismas muestras de bayas utilizadas para la determinación del peso medio de baya.

Experimentos con cepas en vaso

En la finca experimental del IVIA, localizada en Moncada (Valencia), se llevaron a cabo dos ensayos con vides en maceta. En un primero, realizado en 2012 en filares orientados norte-sur, se estudió la cantidad de materia seca producida por las cepas conducidas bien mediante espaldera vertical tradicional ($N\text{-}S_{Vertical}$) o inclinada 30º hacia el oeste ($N\text{-}S_{Oeste}$). Dicho ensayo se llevó a cabo en cepas de 1 año de edad (sin racimos) regadas sin limitaciones de agua.

En un segundo ensayo realizado en 2014 con cepas de tres años de edad y en producción, se está determinado el consumo de agua comparando dos orientaciones de la fila (norte-sur frente este-oeste). Además, en la orientación de las fila norte-sur, se comparan dos inclinaciones de la espaldera (vertical e inclinada hacia el oeste). Así pues, en este segundo ensayo en maceta se dispone de tres tratamientos: $E\text{-}O_{Vertical}$, $N\text{-}S_{Vertical}$ y $N\text{-}S_{Oeste}$. Las cepas se riegan para garantizar una no limitación de agua en el sustrato.

En ambos ensayos realizados en maceta, se contó con un total de 10 cepas por tratamiento y puntualmente se medía el consumo de agua de las cepas mediante pesada de las macetas.

En los experimentos realizados en campo y en maceta, el análisis estadístico de los datos consistió en un análisis de la varianza y test de Duncan para comparaciones de los distintos tratamientos entre sí.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento en viñedo comercial

Los resultados agronómicos del ensayo realizado en campo comparando espalderas verticales e inclinadas en secano y riego deficitario se muestran en la Tabla 1. En el primer año experimental, la inclinación de la espaldera conllevó un incremento productivo frente a la espaldera vertical tradicional de un 15-19%. El aumento en la producción se debió a un mayor número de bayas por racimo obtenido en los tratamientos con espaldera inclinada. Sin embargo, en el año 2013, las diferencias productivas entre ambos tipos de espaldera no llegaron a ser estadísticamente significativas a $P<0,05$. Para

cada nivel de riego, no se detectaron diferencias significativas entre los dos tipos de espaldera en ninguno de los distintos componentes de la producción evaluados (Tabla 1). Por lo tanto se considera que son necesarios más años de experimentación para concluir de forma definitiva si a igualdad de régimen de riego la inclinación de la espaldera 30º hacia el oeste con respecto a la vertical permite obtener alguna ventaja agronómica.

La inclinación de la espaldera no afectó a la calidad tecnológica y fenólica de las uvas, dado que en ninguno de los dos años de estudio se detectaron diferencias significativas entre tratamientos en lo que se refiere a sólidos solubles totales, acidez, pH, antocianos y color de la uva (resultados no mostrados).

Tabla 1. Efectos del sistema de conducción sobre la producción y sus componentes.

Tratamiento	Riego ($m^3 \cdot ha^{-1}$)	Producción ($kg \cdot ha^{-1}$)	Nº Racimos	Peso racimo (g)	Bayas por racimo	Peso de la baya
Secano 2012						
N-$S_{Vertical}$	0	4100b	6a	243b	171b	1,46a
N-S_{Oeste}	0	4700a	6a	287a	211a	1,45a
Riego deficitario 2012						
N-$S_{Vertical}$	930	4700b	6a	285b	165b	1,85a
N-S_{Oeste}	930	5600a	6a	353a	220a	1,73a
Secano 2013						
N-$S_{Vertical}$	0	4900a	5a	299a	86b	2,54a
N-S_{Oeste}	0	5100a	5a	322a	130a	2,47a
Riego deficitario 2013						
N-$S_{Vertical}$	640	5100a	5a	323a	112a	2,31a
N-S_{Oeste}	640	6100a	5a	352a	123a	2,54a

En cada nivel de riego y año, letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas a $P<0,05$ entre sistemas de conducción.

Experimentos con cepas en maceta

Los resultados del ensayo realizado con cepas de un año de edad y dispuestas con una orientación de las filas norte-sur ponen de manifiesto que la inclinación de la espaldera no afectó al consumo de agua de las cepas (Figura 1). Así pues, al principio del ensayo cuando el área foliar por cepa de cada tratamiento era similar, los consumos de agua fueron iguales. Hacia el final del ensayo, el tratamiento con la espaldera inclinada desarrolló una mayor área foliar (sobre todo en los laterales) teniendo un mayor consumo de agua en términos absolutos pero similares consumos de agua en términos relativos al área foliar de cada tratamiento (Figura 1).

En cuanto a la producción de materia seca, los resultados mostrados en la Tabla 2, ponen de manifiesto que las cepas con la espaldera inclinada fueron capaces de producir un 9.4% más de materia seca que las cepas con espaldera vertical tradicional. Aunque no existen diferencias estadísticamente significativas para cada uno de los órganos principales cosechados, a nivel global, las diferencias observadas llegan a ser estadísticamente significativas a $P<0,05$. Esto es seguramente debido a la mayor cantidad de radiación interceptada por las cepas a primera hora de la mañana cuando la capacidad fotosintética de las vides es mayor que por la tarde. Además, al inclinar la espaldera hacia el oeste, se optimiza el estado hídrico de las cepas por la tarde (resultados no mostrados).

De todos modos, se está corroborando este resultado en experimentos actualmente en marcha para verificar que lo observado en cepas jóvenes y sin racimos puede obtenerse también en cepas más adultas con una carga productiva.

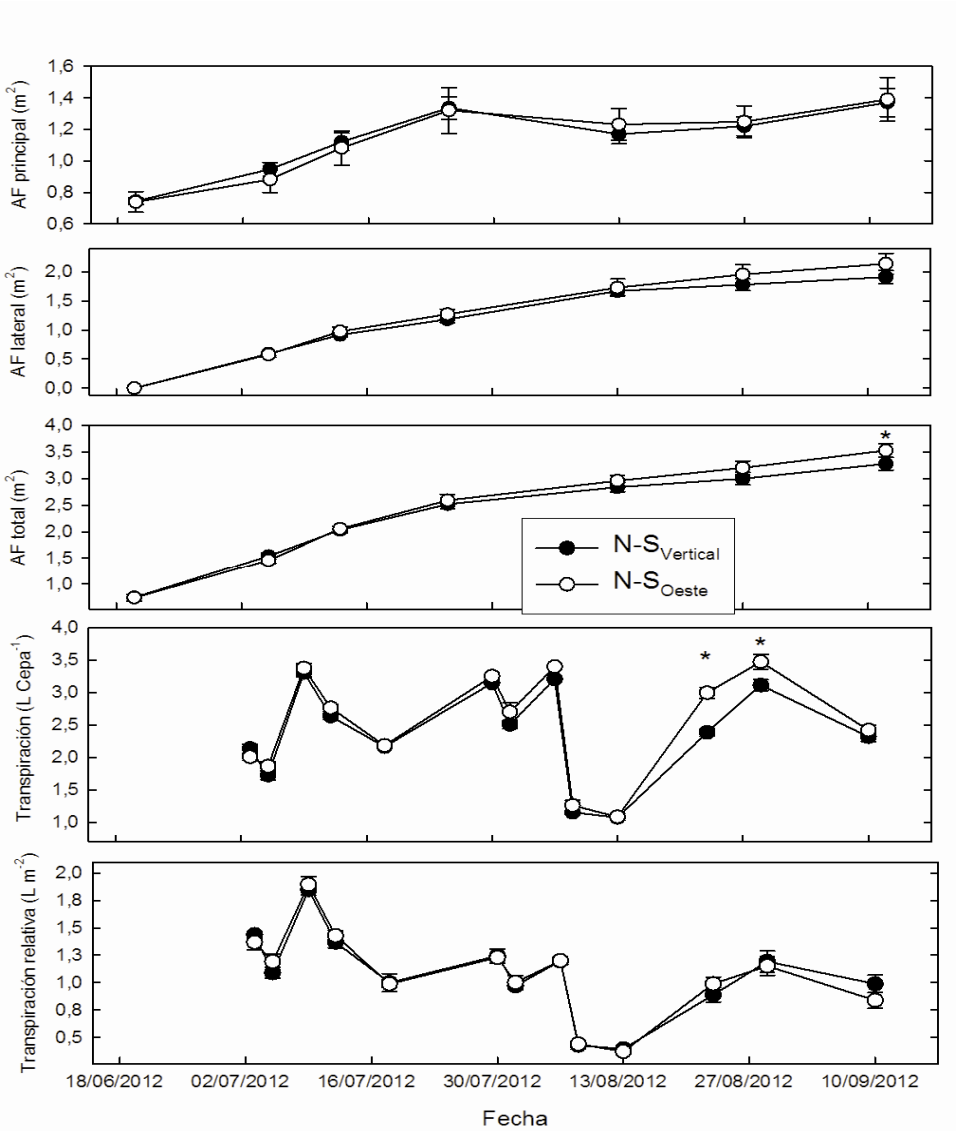


Figura 1. Área foliar total y de sarmientos principales y laterales y consumo de agua de los dos tratamientos evaluados. Cada determinación es la media de 10 cepas por tratamiento. Las barras de error denotan el error estándar de las determinaciones y el asterisco indica diferencias significativas a P<0,05.

Tabla 2. Cantidad de materia seca total producida y repartida en cada uno de los órganos en función del sistema de conducción.

Espaldera	Hojas (g)	Sarmientos (g)	Tronco (g)	Raíces (g)	Total (g)
Control	250a	248a	55a	288a	841b
Inclinada	271a	259a	62a	329a	920a

En cada columna, letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas de conducción.

Durante esta campaña2014 se está realizando un nuevo ensayo en maceta con cepas ya en producción en el que de momento se dispone únicamente de los datos de consumo de agua para espalderas inclinadas o verticales en las dos orientaciones de las filas norte-sur y este-oeste (Tabla 3). Los resultados ponen de manifiesto que con la orientación de las filas este-oeste puede reducirse el consumo de agua entorno a un 15% (promedio de todas las determinaciones realizadas). Sin embargo, de forma similar a lo observado en el ensayo realizado con cepas de 1 año de edad, la inclinación de la espaldera hacia el oeste en un viñedo con orientación de las filas norte-sur, no permite reducir el consumo de agua de las cepas (Tabla 3).

Tabla 3. Consumo de agua registrado en 4 días de medida en los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Consumo de agua diario (L)	Consumo de agua matutino (L)	Consumo de agua vespertino (L)
04 de Junio de 2014			
$E\text{-}O_{Vertical}$	4,53b	2,16b	2,37b
$N\text{-}S_{Vertical}$	5,48ab	2,57ab	2,91ab
$N\text{-}S_{Oeste}$	6,13a	2,98a	3,14a
12 de Junio de 2014			
$E\text{-}O_{Vertical}$	9,13a	4,47a	4,66ab
$N\text{-}S_{Vertical}$	10,44a	4,90a	4,86a
$N\text{-}S_{Oeste}$	9,56a	5,58a	3,98b
26 de Junio de 2014			
$E\text{-}O_{Vertical}$	8,51b	4,20a	4,31b
$N\text{-}S_{Vertical}$	9,71a	4,19a	5,52a
$N\text{-}S_{Oeste}$	10,01a	4,86a	5,15ab
24 de Julio de 2014			
$E\text{-}O_{Vertical}$	9,07b	4,48b	4,60b
$N\text{-}S_{Vertical}$	9,56ab	5,21ab	5,25a
$N\text{-}S_{Oeste}$	11,15a	6,05a	4,78ab

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos a $P<0,05$.

CONCLUSIONES

La inclinación de la espaldera hacia el oeste en un viñedo norte-sur no permite reducir el consumo de agua, aunque puede incrementar la productividad del viñedo. Para reducir el consumo de agua, puede resultar más útil plantar el viñedo con una orientación de las filas este-oeste frente a la más tradicional orientación norte-sur.

Agradecimientos

Está investigación ha sido financiada por el proyecto AGL2011-30408-C04-04 y un convenio de colaboración con CajaMar Caja Rural Fundación “Lucio Gil de Fagoaga”.

Referencias

Corelli-Grappadelli, L. (2003). Light relations. In: Ferree, D.C., Warrington, I.A. (Eds.), Apples: botany, production and uses. CAB International, Oxon, UK, pp. 195-216.

Efectos del estado nutricional sobre la eficiencia fotosintética y el comportamiento agronómico de viñedos cv. Tempranillo en Ribera del Duero

G. Hailemichael, A. Catalina, L. Uzquiza, M.R. González y P. Martín*.

Dpto. de Producción Vegetal y Recursos Forestales. ETSIIAA. Universidad de Valladolid. Avda. de Madrid, 57, 34004, Palencia. *E-mail: pmartinp@pvs.uva.es

Resumen

El objetivo de este trabajo ha sido estudiar las relaciones existentes entre el estado nutricional, el rendimiento fotosintético y el potencial enológico del viñedo, en las condiciones ecofisiológicas de la D.O. "Ribera del Duero". En 2012 se hizo un seguimiento de 24 zonas de viñedo cv. Tempranillo, ubicados en el entorno de Pesquera de Duero (Valladolid). Se estudiaron las regresiones lineales de los valores de asimilación fotosintética y parámetros de fluorescencia clorofílica medidos a nivel de hoja en envero, vigor (peso de madera de poda), rendimiento del viñedo y parámetros de composición de la uva, sobre los contenidos en macro y micronutrientes de pecíolos recogidos en envero. Aunque no se encontraron relaciones significativas entre contenidos minerales de los pecíolos y valores de asimilación neta, diferentes parámetros de fluorescencia clorofílica como Fo', Fv y Fv/Fm mostraron regresiones significativas con los niveles de P, K, Ca, Mg, Mn y B, y las relaciones K/Mg, K/Ca, y Ca/Mg. Los apagados fotoquímico y no fotoquímico se relacionaron positivamente con los niveles de P, K y B, y negativamente con los de Ca, Mg y Mn. Los parámetros de fluorescencia más directamente relacionados con el vigor y rendimiento fueron la eficiencia del fotosistema II y la tasa de transporte de electrones. Los contenidos peciolares de K tuvieron una relación directa con el rendimiento, tamaño de la baya, vigor, contenido en sólidos solubles y pH del mosto. El índice de polifenoles totales se correlacionó positivamente con los niveles de Mg y Mn e inversamente con la asimilación neta y las relaciones K/Mg, Ca/Mg, K/Ca. Los resultados ponen de manifiesto que, en las condiciones del estudio, la variación en la eficiencia fotosintética pudo ser explicada en gran medida por el estado nutricional de las cepas, pudiéndose correlacionar significativamente con los valores de vigor y rendimiento del viñedo.

Palabras clave: Análisis foliar, asimilación, fluorescencia clorofílica, mosto.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento y desarrollo de las plantas depende de la energía solar recibida y de la capacidad que aquellas tienen para aprovecharla en la fotosíntesis. Esta capacidad puede verse fuertemente disminuida por situaciones de estrés hídrico y nutricional (Taiz y Zeiger, 2002). Los suelos de viñedo son frecuentemente heterogéneos, existiendo dentro de las parcelas una amplia variabilidad espacial en cuanto a capacidad de retención de agua (profundidad útil, textura…) y disponibilidad de nutrientes minerales, lo que redunda finalmente en una variabilidad manifiesta en la actividad fisiológica de las plantas, y en el comportamiento productivo y cualitativo del viñedo, muy interesante de caracterizar en viticultura de precisión.

Diversos estudios han puesto de manifiesto la posibilidad de detectar estrés en la vegetación mediante la utilización de parámetros de fluorescencia clorofílica en diferentes cultivos (Joshi y Mohanty, 2004; Weng et al., 2008). En viñedo, se ha observado una relación muy estrecha entre la eficiencia fotoquímica del fotosistema II y la intensidad de la carencia de hierro (clorosis férrica), estando esos valores correlacionados significativamente con parámetros de composición de la uva como el contenido polifenólico y antociánico (Martín et al., 2007; Catalina et al., 2010).

El objetivo de este trabajo ha sido evaluar las relaciones entre el estado nutricional, la actividad fotosintética, el rendimiento y la composición del mosto en viñedos de cv. Tempranillo, ubicados en la D.O. Ribera del Duero.

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se ha llevado a cabo en 2012, sobre un conjunto de 24 áreas de estudio de viñedo en plena producción (10-14 años de edad, en la zona oeste de la Denominación de Origen "Ribera del Duero" (España). Las zonas de estudio, de 10 x 10 m^2 de dimensión cada una, corresponden al cultivar “Tempranillo” injertado sobre 110-Richter. Las plantas se cultivan en secano y están conducidas en espaldera, en doble cordón Royat. La densidad de plantación está en torno a 2.200 plantas/ha y la carga media de poda es de 36.000 yemas/ha.

Los suelos tienen un promedio de 26,8% de carbonatos, textura franco arcillosa y un contenido en materia orgánica en torno a 0,73%. El pH medio de los suelos es 8,6 y los niveles de caliza activa en las capas superficiales están entre 3,3 y 15,5%, con valores crecientes en profundidad. La variación existente en los niveles de caliza activa permite identificar subzonas afectadas y no afectadas por clorosis férrica. En los suelos estudiados existen asimismo elevados coeficientes de variación en los contenidos asimilables de nutrientes como el P, K, Mg, Zn y Cu (Martín et al., 2008).

Se ha realizado un análisis mineral de muestras de 60 pecíolos recogidos en envero (25 de Agosto de 2012) en cada subparcela, siguiendo las recomendaciones de la OIV (1996). El contenido en nitrógeno de las muestras se determinó directamente sobre el material vegetal seco por el método Kjeldahl. Para la determinación del resto de nutrientes se llevó a cabo la acenización de la muestra en horno a 450ºC, extrayendo después los minerales con HCl 2N. P y B se analizaron por colorimetría con un espectrofotómetro Libra S22 UV-visible. El K fue determinado por espectroscopia de emisión atómica, mientras que Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, y Zn lo fueron por espectroscopia de absorción atómica, utilizando un espectrómetro Perkin Elmer, modelo AAnalyst 100.

En el estado fenológico de envero, se determinaron las tasas de asimilación fotosintética y los parámetros de fluorescencia de la clorofila (Fo, Fm, Fv. Fo', Fm', Fs, ΦPSII, qP, NPQ y ETR) mediante un medidor LI-6400 (Li-Cor Inc., Lincoln, NE) equipado con una cámara de fluorescencia. Las medidas de cada zona se obtuvieron a partir de las lecturas tomadas en 9 hojas adultas al azar. Las mediciones de fluorescencia se hicieron en dos sesiones: una entre la 1 y las 3 h de la mañana para hojas adaptadas a la oscuridad, y otra entre las 11 y las 13 h para hojas adaptadas a la luz. La densidad de flujo fotónico incidente se fijó en 1500 μmol m^{-2} s^{-1}, el flujo de aire a través de la cámara en 500 μmol s^{-1}, con un nivel de 370 μmol CO_2 mol^{-1} de aire. La temperatura y la presión se mantuvieron en los niveles ambientales.

Se ha controlado el rendimiento y el vigor (peso medio de la madera de poda) del viñedo en cada una de las zonas de estudio, y se han determinado los parámetros habituales de composición del mosto de vendimia. El tratamiento estadístico de los datos se ha realizado con el paquete informático SAS (SAS Inst., Cary, NC) utilizando métodos de regresión lineal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se han observado relaciones significativas entre el contenido peciolar de nutrientes y los valores de asimilación neta (Tabla 1), mientras que la conductancia estomática mostró una regresión positiva sobre los niveles de Ca, Mg, y Mn, y negativa con los de P. Algunos parámetros de fluorescencia clorofílica, como Fo', Fv y Fv/Fm mostraron regresiones significativas con los niveles de P, K, Ca, Mg, Mn y B, y las relaciones K/Mg, K/Ca, y Ca/Mg, mientras que otros parámetros como Fv'/Fm' o Fs evidenciaron baja o nula correlación con los niveles foliares de nutrientes. El apagado fotoquímico (qP) y no fotoquímico (NPQ) se relacionaron positivamente con los niveles de P, K y B, y negativamente con los de Ca, Mg y Mn.

A pesar de que los suelos presentan condiciones desfavorables para la asimilación de Fe, Cu y Zn, como niveles altos de caliza activa o elevado pH, los contenidos peciolares de estos nutrientes no se relacionaron con los parámetros de fluorescencia clorofílica medidos en condiciones de oscuridad (Catalina et al., 2010), tal y como muestra la Tabla 1. Esto indica que los niveles de asimilación de esos elementos podrían ser suficientes en el conjunto de zonas de estudio. Por el contrario, las regresiones significativas con los niveles de Mn podrían tener que ver con la existencia de zonas de estudio con estados carenciales del oligoelemento.

El potasio fue el nutriente cuyos niveles peciolares reflejaron un mayor impacto en la expresión vegetativa del viñedo, con una relación directa con el rendimiento, tamaño de la baya, vigor, contenido en sólidos solubles y pH del mosto (Tabla 2). La acidez total se relacionó negativamente con los niveles de Fe y la relación K/Mg, El índice de polifenoles totales se correlacionó positivamente con los niveles de Mg y Mn e inversamente con las relaciones K/Mg, Ca/Mg, K/Ca. A diferencia de lo observado en otros estudios realizados en la zona (Martín et al., 2007; Catalina et al., 2012), los niveles nutricionales de Zn parecieron no afectar al comportamiento agronómico del viñedo.

Los parámetros de fluorescencia más directamente relacionados con el vigor y rendimiento ($p<0,01$) fueron la eficiencia del fotosistema II ($R^2=0.28$ y 0,31 respectivamente) y la tasa de transporte de electrones ($R^2=0.32$ y 0,31). Los coeficientes de determinación correspondientes a los valores de asimilación neta fueron menores ($R^2=0.17$ y 0,27 respectivamente), pero significativos al 5%. Los parámetros de composición del mosto se correlacionaron poco con los parámetros de fluorescencia clorofílica, a excepción del contenido en potasio, con regresiones inversas altamente significativas con la fluorescencia estacionaria ($R^2=0.42$, $p<0,001$).

Tabla 1. Coeficiente de determinación R^2 de las regresiones lineales de la asimilación neta, conductancia estomática y parámetros de fluorescencia clorofílica sobre los contenidos minerales de los pecíolos en envero.

Nutriente	An	gs	Fo	Fm	Fv	Fv/Fm	Fo'	Fm'	Fv'/Fm'	Fs	ΦPSII	qP	NPQ	ETR
N	0.01	0.07	0.07	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.06	0.14	0.06	0.03	0.07	0.05
P	0.01	(-)0.20*	(-)0.22*	0.03	0.01	0.00	0.01	0.10	0.15	0.11	(-)0.2*	(+)0.27**	(+)0.3**	0.11
K	0.04	0.03	0.03	0.02	(+)0.22*	(+)0.3**	(+)0.30**	0.00	0.03	0.09	0.05	(+)0.45***	(+)0.28**	0.10
Ca	0.01	(+)0.22*	(+)0.22*	0.04	0.00	0.00	0.01	0.32	0.30	0.13	0.34	(-)0.4***	0.34	0.26
Mg	0.01	(+)0.18*	(+)0.18*	0.01	(-)0.20*	(-)0.25*	0.11	0.01	0.03	0.15	0.04	(-)0.23*	(-)0.25*	0.11
Fe	0.01	0.03	0.03	0.04	0.00	0.01	0.03	0.00	0.03	0.07	0.03	0.01	0.00	0.02
Cu	0.03	0.06	0.06	0.03	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.05	0.02	0.01	0.04	0.02
Zn	0.01	0.01	0.01	0.10	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.04	0.17	0.10	0.01
Mn	0.03	(+)0.20*	(+)0.20*	(+)0.18*	0.03	0.08	0.13	0.08	0.00	0.10	0.01	(-)0.23*	(-)0.22*	0.01
B	0.09	0.14	0.14	0.13	0.01	0.01	0.07	0.13	(-)0.20*	0.16	(-)0.2*	0.12	(+)0.30**	(+)0.20*
N/K	0.01	0.01	0.01	0.03	0.11	0.15	(-)0.19*	0.01	0.03	0.05	0.04	0.28	(-)0.20*	0.08
P/K	0.01	0.03	0.03	0.00	0.12	0.13	0.06	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
P/N	0.00	0.10	0.10	0.05	0.00	0.00	0.01	0.08	0.07	0.03	0.09	0.27	0.14	0.05
K/Mg	0.02	0.04	0.04	0.02	(+)0.31**	(+)0.39***	(+)0.3**	0.01	0.01	0.06	0.03	(+)0.37***	(+)0.21*	0.10
K/Ca	0.05	0.10	0.10	0.03	0.11	0.16	0.12	0.05	0.12	0.11	0.16	(+)0.57***	(+)0.38***	(+)0.20*
Ca/Mg	0.01	0.00	0.00	0.00	(+)0.32**	(+)0.37***	(+)0.23*	(+)0.23*	0.04	0.02	0.04	0.02	0.02	0.00

Pn: Fotosíntesis neta. gs: conductancia estomática. ΦPSII: rendimiento del fotosistema II. qP: apagado fotoquímico. NPQ: apagado no fotoquímico. ETR: tasa de transporte de electrones.
Nivel de significación: *: P<0.05; **: P<0.01; ***: P<0.001.

Tabla 2. Coeficiente de determinación R^2 de las regresiones lineales del rendimiento, vigor del viñedo, y parámetros de composición del mosto, sobre los contenidos minerales de los pecíolos en envero.

Nutrientes	Rendimiento	Peso madera de poda	Brix	Acidez total	pH	Potasio	Índice de polifenoles totales
N	0.00	0.09	0.00	0.04	(+)0.16*	0.09	0.02
P	0.02	0.01	0.08	0.03	0.01	0.06	0.01
K	(+)0.28**	(+)0.36***	0.00	0.07	0.02	(+)0.21*	(-)0.30**
Ca	0.04	0.01	0.13	0.07	0.02	(-)0.51***	0.01
Mg	(-)0.27**	(-)0.20**	0.02	0.12	0.08	(-)0.25**	(+)0.29**
Fe	0.00	0.01	0.01	0.17	0.08	0.14	0.00
Cu	0.02	0.20	0.00	0.09	0.02	0.01	0.00
Zn	0.70	0.05	0.00	0.04	0.07	0.01	0.06
Mn	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.04	0.07
B	0.01	0.06	0.00	0.03	0.04	0.04	0.00
N/K	0.15	(-)0.15*	0.02	0.02	0.08	0.14	(+)0.19*
P/K	0.09	(-)0.14*	0.00	0.02	0.03	0.09	(+)0.25**
P/N	0.02	0.00	0.08	0.00	0.01	0.02	0.02
K/Mg	(+)0.43***	(+)0.38***	0.02	(+)0.17*	0.08	(+)0.23**	(-)0.43***
K/Ca	(+)0.27**	(+)0.23**	0.03	0.10	0.00	(+)0.40***	(-)0.22*
Ca/Mg	(+)0.28**	(+)0.26**	(-)0.17*	0.09	(-)0.21*	0.02	(-)0.38***

Nivel de significación: *: P<0.05; **: P<0.01; ***: P<0.001.

CONCLUSIONES

Los resultados ponen de manifiesto que, en las condiciones del estudio, la variación en la eficiencia fotosintética pudo ser explicada en gran medida por el estado nutricional de las plantas, mostrando una correlación significativa con los valores de vigor y rendimiento del viñedo. Las medidas de fluorescencia de la clorofila podrían ser útiles en viticultura de precisión para hacer una estimación temprana del potencial productivo y de algunos parámetros cualitativos de la uva en situaciones concretas de estrés nutricional.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido realizada en el marco del proyecto VA011A10-2, financiado por la Junta de Castilla y León (España).

Referencias

Catalina, A., González, R., González, M.R., Martín, P. (2010). Relationships between chlorophyll fluorescence, agronomic performance and grape quality in vineyards affected by iron deficiency chlorosis.Proceedings 28th International Horticultural Congress. 22-27 August 2010. Lisboa, Portugal.

Catalina, A., González, R., González, M.R., Martín, P. (2012). Relaciones entre niveles de asimilación de nutrientes en el viñedo y composición fenólica de la uva en suelos calizos de la D.O. Ribera del Duero. Proceedings 14th Simposio hispano-luso de Nutrición Mineral de las Plantas. 23-26 July. Madrid, Spain.

Joshi, M.K., Mohanty, P. (2004). Chlorophyll a fluorescence as a probe of heavy metal ion toxicity in plants.In: Papageorgiou G., Govindjee, C. (eds). Chlorophyll Fluorescence: A Signature of Photosynthesis. Advances in Photosynthesis and Respiration.Springer, Dordrecht.637–661.

Martín, P., Zarco-Tejada, P.J., González, M.R., Berjón, A. (2007).Using hyperspectral remote sensing to map grape quality in Tempranillo vineyards affected by iron deficiency chlorosis. Vitis, 46, 7-14.

Martín, P., Zarco-Tejada, P.J., González, R., González, M.R. (2008). Diagnóstico nutricional y recomendaciones de abonado del viñedo en suelos calizos de la Ribera del Duero. Vida Rural, 270, 26-32.

OIV (1996). Résolution VITI 4/95. Diagnostic foliaire. Une méthode harmonisée. Bulletin de l'OIV, 69, 779-780.

Taiz, L., Zeiger, E. (2006). Plant physiology. Sinauer Associates, Inc. Massachusetts, USA.

Weng X.Y., Zheng C.J., Xu H.X., Sun J.Y. (2008). Characteristics of photosynthesis and functions of the water-water cycle in rice (*Oryzasativa*) leaves in response to potassium deficiency. PhysiologiaPlantarum, 131, 614-621.

Evaluación de la producción y características del mosto en variedades gallegas bajo cultivo ecológico y convencional en DO Rías Baixas

P. Blanco, E. Díaz, J.M. Mirás-Avalos*, A. Lamas y E. Soto.

Estación de Viticultura e Enoloxía de Galicia (EVEGA-INGACAL), Ponte San Clodio s/n, 32427, Leiro, Ourense. *E-mail: jose.manuel.miras.avalos@xunta.es

Resumen

En la Estación de Viticultura e Enoloxía de Galicia (EVEGA) se está llevando a cabo un estudio comparativo sobre la producción ecológica y convencional de uva en las distintas Denominaciones de Origen gallegas. En este trabajo se presentan los datos obtenidos en la campaña 2013 para las variedades Albariño y Treixadura en la DO Rías Baixas. Los resultados indicaron que la producción por cepa fue mayor en cultivo convencional que en cultivo ecológico para ambas variedades, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas. El análisis de los mostos de la variedad Treixadura mostró diferencias significativas entre ambos tipos de cultivo; así, el contenido en azúcares y el pH fueron más elevados en los mostos de origen ecológico que en los de origen convencional, mientras que la acidez total resultó más baja. Por el contrario, para la variedad Albariño se observó que la acidez era mayor y el contenido en azúcares menor en cultivo ecológico con respecto al convencional; aunque, en este caso, las diferencias obtenidas no fueron significativas.

Palabras clave: producción ecológica, producción convencional Albariño, Treixadura, mosto.

INTRODUCCIÓN

Los productos de origen ecológico tienen cada vez más aceptación entre los consumidores por ser más saludables y respetuosos con el medio ambiente. Los datos sobre el cultivo ecológico de la vid a nivel mundial indican que esta tendencia está en auge (Azabagaoglus et al., 2007; Fragoulis et al., 2009). En Galicia, el vino constituye un sector importante, no solo por el valor económico que genera, sino también por la potenciación que supone para el medio rural y el papel que desempeña en la conservación medioambiental. En la comunidad gallega existen cinco Denominaciones de Origen (DO) que se caracterizan por unas condiciones climáticas claramente diferenciadas que no siempre facilitan el cultivo ecológico. Por ello, a pesar de la importancia del sector del vino y del auge de la producción ecológica a nivel mundial, solo un pequeño número de productores y bodegas gallegos siguen estas prácticas.

La DO Rías Baixas comprende 5 subzonas localizadas en la zona suroeste de Galicia que se caracterizan por un clima de influencia atlántica con temperaturas suaves y altas precipitaciones, con un período menos lluvioso durante los meses de verano. En esta denominación se cultivan preferentemente variedades de uva blanca, de las cuales el Albariño supone un 97% de la producción total, aunque también se utilizan otras como la Treixadura, en menor proporción.

En este trabajo se presentan los datos de producción y características de los mostos obtenidos en la campaña 2013 para las variedades Albariño y Treixadura cultivadas de forma convencional y ecológica en una subzona de la DO Rías Baixas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Descripción de las parcelas de estudio

Las muestras de uva de las variedades Albariño y Treixadura utilizadas en este estudio se recogieron en fincas situadas en Sela, Arbo (Pontevedra), dentro de la subzona de Condado de Tea de la DO Rías Baixas (Figura 1). Las viñas, de aproximadamente 20 años, están orientadas en dirección N-S, a excepción de la parcela de Treixadura en cultivo ecológico que presentan orientación E-O. El marco de plantación es de 3 m entre filas y 2 m entre planta. La formación es en pérgola con un número medio de 4 brazos por planta con poda a pulgar y vara con 5 o seis yemas. En cada parcela se establecieron tres zonas diferenciadas y en cada una de ellas se muestrearon 8 plantas.

Figura 1. Vista de las parcelas utilizadas en este ensayo.

Control de producción

En época de vendimia en cada parcela experimental se determinó el número de racimos por cepa y la producción unitaria (kg/cepa).

Procesado de la uva para la obtención del mosto

De cada parcela experimental se recogió un número representativo de racimos que fueron posteriormente procesados en el laboratorio. Se despalillaron y se estrujaron manualmente para la obtención de mosto, que fue utilizado para análisis de los parámetros químicos básicos, análisis microbiológico y fermentación.

Análisis de los mostos

En los mostos obtenidos se determinaron los siguientes parámetros: grado Brix, azúcares reductores, pH, acidez total, ácido L-málico y ácido tartárico. Para estos análisis se utilizaron los métodos oficiales (OIV 2012), excepto para el ácido tartárico que se determinó por colorimetría. Además, se determinó la concentración de nitrógeno fácilmente asimilable (NFA) según el método de Sörensen (Índice de formol); y

glucónico, acético y glicerol por métodos enzimáticos (TDI-Tecnología Difusión Ibérica, S.L.). Estos tres últimos parámetros están relacionados con el estado sanitario de la vendimia.

Análisis estadístico de los datos

La valoración de diferencias entre producción y características de los mostos de cultivo ecológico y convencional se llevó a cabo mediante un análisis de varianza (ANOVA) siguiendo un modelo completamente aleatorizado para cada uno de los parámetros determinados utilizando el software SPSS 15.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción en cultivo ecológico y convencional

Se ha observado que la producción por cepa tendió a ser mayor en cultivo convencional que en cultivo ecológico para ambas variedades; sin embargo, las diferencias no fueron estadísticamente significativas (Tabla 1).

Tabla 1. Producción de Albariño (ALB) y Treixadura (TRX) en cultivo ecológico (Eco) y convencional (Con) en la DO Rías Baixas

Muestra	Racimos/planta	Peso racimo (g)	Producción (kg/planta)
Albariño			
ALB-Eco	65,50±16,22	95,23±12,15	6,35±2,27
ALB-Con	103,67±28,92	88,32±24,21	9,56±5,27
Treixadura			
TRX-Eco	28,83±7,13	179,88±27,32	5,24±1,65
TRX-Con	42,19±13,31	191,63±10,77	8,05±2,44

Los datos son la media de tres repeticiones ± desviación estándar.

Con la variedad Albariño esa diferencia era debida fundamentalmente a un mayor número de racimos por cepa en la finca de cultivo convencional, aunque el peso de racimo fue ligeramente superior en cultivo ecológico. La misma tendencia se observó con Treixadura, pero con esta variedad el peso de racimo era mayor también en cultivo convencional.

Estos resultados coinciden con los descritos para la variedad Treixadura bajo estos dos tipos de cultivo en fincas de la DO Ribeiro (Blanco et al., 2014a), aunque en esta DO el número de racimos era menor pero el peso del racimo en cultivo convencional era similar. Sin embargo, en la variedad Mencía cultivada en la DO Ribeira Sacra observamos mayor producción en cultivo ecológico que en convencional (Blanco et al., 2014b).

Características del mosto

El análisis de los mostos de la variedad Treixadura mostró diferencias significativas entre ambos tipos de cultivo (Tabla 2). El contenido en azúcares y, por tanto, grado alcohólico esperado fueron más altos en los mostos de origen ecológico que en los de origen convencional, lo que indica un grado de maduración mayor. De acuerdo

con esto, la acidez total observada fue menor y el pH más alto en los mostos de cultivo ecológico. En ambos casos, el contenido de NFA era ligeramente inferior a los requerimientos aconsejables para las levaduras durante la fermentación (Hidalgo, 2003).

También se observó que el contenido en acético, glicerol y glucónico era mayor en cultivo convencional, lo que está relacionado con un peor estado sanitario de la uva. En cuanto al contenido de cobre se observó que era mayor en cultivo ecológico.

Tabla 2. Características del mosto de uva de la variedad Treixadura (TRX) procedente de cultivo ecológico (Eco) y convencional (Con) en la DO Rías Baixas.

	TRX-Eco	**TRX-Con**
Acidez Total(g tart/L)*	5,27±0,40	6,97±0,59
Ácido L-málico(g/L)	3,50±0,62	3,47±0,93
Ácido Tartárico(g/L)	5,90±0,00	6,33±0,80
Azúcares(g/L)*	257,60±10,24	207,53±14,90
Grado alcohólico (%vol)*	15,30±0,61	12,30±0,87
NFA (mg/L)	189,33±29,74	160,67±100,32
pH (-)*	3,69±0,05	3,33±0,11
Acético(g/L)	0,013±0,02	0,03±0,02
Glicerol(g/L)	0,27±0,16	0,57±0,19
Glucónico(g/L)	0,15±0,11	0,44±0,22
Cu(mg/L)	9,60±2,12	5,27±2,32

Los datos son la media de tres repeticiones ± desviación estándar.
*Diferencias significativas (P<0,05).

Estos resultados coinciden con los descritos para mostos de la variedad Treixadura cultivada en ecológico y convencional en la DO Ribeiro (Blanco et al., 2014a). Sin embargo, en estudios similares en la DO Monterrei no se observaron diferencias entre mostos procedentes de estos dos tipos de cultivo (Blanco et al., 2014c). Además, en la DO Monterrei era peor el estado sanitario de la uva de cultivo ecológico.

En los mostos de la variedad Albariño no se detectaron diferencias significativas entre cultivo ecológico y convencional, pero sí se observaron ciertas tendencias (Tabla 3).

La acidez total fue mayor en cultivo ecológico debido fundamentalmente a un mayor contenido de ácido málico, aunque en ambos casos la acidez total era elevada como corresponde a esta variedad (Blanco et al., 2012). El contenido en azúcares fue ligeramente inferior en cultivo ecológico respecto al convencional.

Tampoco entre estos mostos se vieron diferencias en los parámetros relacionados con el estado sanitario de la uva; así, los valores de acético, glicerol y glucónico fueron muy bajos o no detectables.

Tabla 3. Características del mosto de uva de la variedad Albariño (ALB) procedente de cultivo ecológico (Eco) y convencional (Con) en la DO Rías Baixas.

	ALB-Eco	ALB-Con
Acidez Total(g tart/L)	8,33±0,83	7,10±0,53
Ácido L-málico(g/L)	3,47±1,10	2,57±0,23
Ácido Tartárico(g/L)	8,27±0,29	8,20±0,44
Azúcares(g/L)	203,17±9,57	216,33±14,71
Grado alcohólico(%vol)	12,07±0,60	12,87±0,81
NFA (mg/L)	180,00±14,42	177,67±9,07
pH (-)	3,21±0,06	3,35±0,08
Acético(g/L)	nd	nd
Glicerol(g/L)	0,04±0,06	0,02±0,02
Glucónico(g/L)	0,04±0,03	0,02±0,02
Cu(mg/L)	21,60±5,07	21,20±6,12

Los datos son la media de tres repeticiones ± desviación estándar.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en este trabajo podemos concluir que la producción de uva fue menor en cultivo ecológico que en convencional para las dos variedades estudiadas. Sin embargo, la influencia del sistema de cultivo sobre las características del mosto difirió según la variedad. El mosto de Treixadura de cultivo ecológico presentó mayor contenido en azúcar y menor acidez total que el de cultivo convencional; por el contrario, el Albariño de origen ecológico presentó menos azúcares y mayor acidez total que el convencional.

Agradecimientos

Este estudio está financiado por el proyecto RTA2012-00021-C03-01 del INIA (Instituto nacional de Investigación e Tecnoloxía Agraria e Alimentaria). Los autores agradecen a Begoña Troncoso Fernández, María del Carmen Álvarez Martínez y Santi su colaboración en este trabajo facilitándonos el acceso a sus fincas y las muestras de uva. JM Mirás-Avalos agradece a la Xunta de Galicia la financiación de su contrato dentro del marco del programa "Isidro Parga Pondal".

Referencias

Azabagaoglus, M.O., Akyol, A., Ozay, A. (2007). The demand for organic wines and organic wine marketing. Journal of Environmental Protection and Ecology, 8, 171-178.

Blanco, P., Mirás-Avalos, J.M., Orriols, I. (2012). Effect of must characteristics on the diversity of *Saccharomyces* strains and their prevalence in spontaneous fermentations. Journal of Applied Microbiology, 112, 936-944.

Blanco, P., Díaz, E., Lamas, A., Trigo, E., Soto E., Rego, F. (2014a). Cultivo ecolóxico das variedades de vide Treixadura e Brancellao no Ribeiro: produción e características do mosto. Comunicación en el V Congreso Internacional de Agroecoloxía e Agricultura Ecolóxica. 26-28 xuño 2014. Vigo.

Blanco, P., Díaz, E., Lamas, A., Soto E., Rego, F. (2014b). Evaluación del cultivo ecológico y convencional de la variedad Mencía en la DO Ribeira Sacra (Galicia). Comunicación en la 29 Reunión del Grupo de Trabajo de Experimentación en Viticultura y Enología. 6-7 mayo 2014. Logroño.

Blanco, P., Lamas, A., García, R., Rivera, M., Soto E. (2014c). Fermentación natural de mostos de cultivo ecológico y convencional de la DO Monterrei (Galicia). Comunicación en la 29 Reunión del Grupo de Trabajo de Experimentación en Viticultura y Enología. 6-7 mayo 2014. Logroño.

Fragoulis, G., Trevisan, M., Di Guardo, A., Sorce, A., van der Meer, M., Weibel, F., Capri, E. (2009). Development of a management tool to indicate the environmental impact of organic viticulture. Journal of Environmental Quality, 38 (2), 826-835.

Hidalgo, J. 2003. Tratado de Enología. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. ISBN: 84-8476-135-5.

OIV. International Organisation of Vine and Wine. (2012). Compendium of international methods of wine and must analysis. Vol 1 y 2. Paris, France. http://www.oiv.int.

Evaluación del comportamiento productivo y de calidad del mosto del cv. Tempranillo con tres niveles de carga de uva en la D.O. Arribes

J.A. Rubio*, C. Arranz, A. Vicente y E. Barajas.

Ud. Cultivos Leñosos y Hortícolas. Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL). Ctra. Burgos-Portugal km 119, 47071, Valladolid. *Email: rubcanjo@itacyl.es

Resumen

La relación entre el nivel productivo y la calidad de la uva en los viñedos es uno de los principales temas de controversia en el sector vitivinícola. Conseguir el equilibrio en las cepas que maximice los rendimientos, manteniendo la adecuada calidad del mosto, constituye una de sus aspiraciones. Para contribuir a solucionar este dilema se llevó a cabo un ensayo durante los años 2011, 2012 y 2013, estableciendo tres niveles de carga: 6.500, 9.500 y 12.500 kg.ha^{-1} a partir de un número estimado de racimos por cepa, en plantas del cv. Tempranillo, plantadas en 2002. La parcela está ubicada en Fermoselle (Zamora), en el ámbito de la D.O. Arribes, que mayoritariamente presenta suelos de pH ácido. El marco de plantación es de 3 x 1 m (3.333 plantas/ha), las plantas se apoyan en una espaldera vertical, están formadas en doble cordón Royat, y se podan a pulgares cortos de dos yemas y carga de 12-14 yemas por cepa. Para fijar definitivamente la carga se realizó aclareo de racimos al inicio del envero. Se aplicó a todos los tratamientos por igual un riego deficitario del 10% de la ETo después del envero. Los resultados revelaron la inexistencia de grandes diferencias en la calidad de la uva a pesar de las importantes diferencias en la carga. Los tamaños del racimo y de la baya mostraron diferencias entre los niveles de carga inferiores y el superior. Las diferencias en conjunto no fueron significativas en los sólidos solubles, ni en la acidez total, lo que avala la posibilidad de poder elevar la carga de cosecha, con criterio, hasta cierto umbral, mientras no cambien de manera sustancial los componentes básicos del mosto. El comportamiento de 'Tempranillo' en suelo ácido ha sido satisfactorio.

Palabras clave: Compensación, equilibrio, espaldera, rendimiento, tamaño de racimo.

INTRODUCCIÓN

El nivel de carga en uva es uno de los aspectos esenciales de toda explotación vitivinícola por su estrecha relación con la adaptación entre plantas y condiciones de la parcela, con la calidad del mosto y con el ajuste de costes en búsqueda de la rentabilidad.

La relación fuente-sumidero es un factor a tener en cuenta cuando se planean los objetivos de producción en cualquier viñedo. Conscientes de su importancia, esa razón ha sido estudiada por muchos investigadores: Ravaz (1911), Partridge (1930) y Shaulis (1950), citados por Howell (2001), proponen la relación entre el rendimiento en uva y el peso de la madera de poda como estimador del balance entre producción y desarrollo vegetativo que da cuenta del área foliar requerida para madurar una unidad de peso de cosecha. Jackson y Lombard (1993) indican que la relación de superficie foliar y peso de fruta para conseguir una buena maduración se sitúa entre 7 y 12 cm^2.g^{-1}, mientras que Howell (2001) recoge valores entre 7 y 14 cm^2.g^{-1}. A partir de la plasticidad del cultivo y

sus amplias posibilidades para lograr el objetivo de una producción satisfactoria (según fines), se pueden matizar casi todos los factores.

Murisier (1996) indica que un valor óptimo para la relación producción de fruta por peso de madera de poda es 5. Bravdo y Naor (1996) aconsejan un índice de Ravaz de 7, y Bravdo et al. (1984) que un índice de Ravaz de 12 es el adecuado para una lograr una buena productividad, manteniéndose la calidad del fruto. La viticultura en España ha procurado niveles de rendimiento, en conjunto, más bajos que en otros países europeos y que en los países del *Nuevo Mundo*. En el caso de Tempranillo en La Rioja, García-Escudero et al. (2006) indican que el índice de Ravaz adecuado se encuentra entre 4 y 7.

En las últimas décadas se han producido mejoras en las estructuras de nuestra viticultura encaminadas al incremento de los rendimientos. El ajuste de este factor suscita siempre controversia, pero resulta esencial para concebir el tipo de vino y su posterior comercialización.

El objetivo del presente trabajo ha sido evaluar las características productivas y cualitativas del cv. Tempranillo, cultivado con tres cargas de cosecha de uva, y obtener su perfil para cada nivel productivo. También, estudiar la respuesta del Tempranillo cultivado en una zona con suelos de carácter ácido (D.O. Arribes).

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo experimental se llevó a cabo durante los años 2011, 2012 y 2013 en un viñedo situado a 628 m de altitud en Fermoselle (Zamora), perteneciente a la D.O. Arribes. La roca madre es el granito y el suelo de la parcela ha sido clasificado, dentro del orden Inceptisol, como Haploxerept Fluventic (Soil Survey Staff, 2003), con textura franco arenosa, pH entre 5,9 y 6,2 y bajo contenido en materia orgánica (0,4%).

El material vegetal corresponde a cepas del clon RJ-43 de 'Tempranillo' (*Vitis vinifera* L.) injertadas sobre patrón 110-Richter y plantadas en 2002 con marco de 3 x 1m (3.333 cepas·ha^{-1}). Las plantas se apoyan en espaldera y están formadas en cordón Royat bilateral con disposición vertical de la vegetación; se podan a pulgares cortos de dos yemas, dejando en total una carga de12-14 yemas.

Los tratamientos consistieron en tres niveles de carga de uva (baja, media y alta) regulados a partir de un número muy diferente de racimos por cepa. Para determinar el número de racimos por cepa correspondientes a cada carga, se tomó el peso medio del racimo obtenido en un ensayo anterior llevado a cabo, entre 2006 y 2009, en la misma parcela. El resultado: 7 racimos por cepa para la carga baja (unos 6.500 kg·ha^{-1}), 11 para la media (unos 9.500 kg·ha^{-1}) y 15 para la alta (12.500 kg·ha^{-1}). Para ajustar la carga se recurrió a un aclareo de racimos efectuado a comienzos de envero (entre el 1 y el 10 de agosto, según el año). Se aplicó a todos los tratamientos por igual un riego deficitario del 10% de la ETo, desde una semana después de envero hasta una semana antes de vendimia. El diseño experimental consistió en bloques al azar con 4 repeticiones por tratamiento, con 10 cepas de control por repetición.

Se estudió también, aunque solo en 2013, la calidad de la uva según el tamaño de racimo, dentro de cada carga. Se eligieron para ello dos cepas por repetición y nivel de carga, tomándose de cada cepa un racimo grande (> 300 g) y uno pequeño (< 200 g).

La caracterización vegetativa se realizó a partir del peso de madera de poda y del índice de área foliar (LAI). Los componentes del rendimiento se determinaron en vendimia: producción unitaria (kg·cepa^{-1}) y por unidad de superficie (t·ha^{-1}), número de racimos por cepa y peso medio del racimo (g). Los racimos recogidos para el estudio de la calidad según tamaño de racimo se pesaron individualmente.

Los parámetros del mosto se analizaron sobre muestras de 200 bayas por repetición tomadas en el momento previo a vendimia, determinándose: peso medio de la baya (g), sólidos solubles totales (ºBrix), pH, acidez total (g·L^{-1} ác. tartárico), ácido málico (g·L^{-1}), ácido tartárico (g·L^{-1}), contenido en potasio (mg·L^{-1}) e índice de polifenoles totales (IPT 280 nm). Para el estudio del tipo de racimo dentro de cada carga, se determinaron también tonalidad e índice de color.

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA), utilizando el programa estadístico Statistica v.7. Cuando existieron diferencias significativas, $p<0,05$, para la separación de medias se utilizó el test de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollos vegetativo y productivo

En los tres años de estudio no se produjeron diferencias significativas en el peso de madera de poda, ni en el índice de área foliar (datos no mostrados), entre tratamientos. Los resultados de los citados parámetros en los diferentes niveles de carga fueron muy similares, situándose los valores medios por tratamiento entre 0,891 y 1,234 kg.cepa^{-1} para la madera de poda y entre 2,19 y 2,74 m^2.m^{-2} para el índice de área foliar, sin mostrar ninguna tendencia definida y continuada entre niveles de carga.

Tabla 1. Componentes del rendimiento. Tratamientos: Carga baja (C1), media (C2) y alta (C3).

	Nº racimos/cepa			**Peso racimo** (g)			**Peso 100 bayas** (g)			**Peso uva** (kg·cepa^{-1})			**Rendimiento** (t·ha^{-1})		
	2011	***2012***	***2013***	***2011***	***2012***	***2013***	***2011***	***2012***	***2013***	***2011***	***2012***	***2013***	***2011***	***2012***	***2013***
C1	7,44 ^{c}	7,42 ^{c}	8,40 ^{c}	334	181	285 ^{a}	136	131	200 ^{a}	2,48 ^{c}	1,34 ^{b}	2,44 ^{c}	8,28 ^{c}	4,48 ^{b}	8,14 ^{c}
C2	11,6 ^{b}	12,0 ^{b}	11,8 ^{b}	310	172	283 ^{a}	131	130	198 ^{a}	3,58 ^{b}	2,07 ^{a}	3,36 ^{b}	11,9 ^{b}	6,89 ^{a}	11,2 ^{b}
C3	15,9 ^{a}	16,3 ^{a}	15,4 ^{a}	294	143	246 ^{b}	127	126	187 ^{b}	4,78 ^{a}	2,34 ^{a}	3,81 ^{a}	15,6 ^{a}	7,81 ^{a}	12,7 ^{a}
Sign.	**	**	**	ns	ns	*	ns	ns	*	**	*	**	**	*	**

Significación estadística (Sign.): ns, no significativo; (*), $p<0,05$; (**), $p<0,01$.
Diferentes letras indican diferencias significativas según el test de Duncan.

Los parámetros concernientes a los componentes del rendimiento reflejan que el número de racimos, establecido y ajustado mediante aclareo para cada nivel de carga de cosecha, presentó lógicamente diferencias significativas (Tabla 1). Sin embargo, a pesar de la clara diferencia en el número de racimos·cepa^{-1} (la carga media, C2, en el ensayo representó frente a la baja, C1, en torno al 52% más en ese número, y la carga alta, C3, un 105%), el peso medio del racimo sólo mostró diferencias significativas en 2013, quizá en relación con una menor posibilidad de reacción de las plantas con mayor carga. El peso de la baya cambió muy poco entre los tres tratamientos, aunque las diferencias llegaron a ser significativas en 2013, con tamaños de baya de C1 y C2 similares entre sí pero diferentes respecto al de C3, imitando lo que sucedía con el peso del racimo. La

producción obtenida presentó diferencias significativas todos los años entre las tres cargas de cosecha establecidas, aunque en 2012, año en que el rendimiento en conjunto fue más bajo, las cargas C2 y C3 mostraron rendimientos más próximos entre sí. En la producción final obtenida para cada nivel de carga tuvo más influencia, durante los tres años estudiados, el número de racimos que el peso del racimo y el peso de la baya, observándose que el margen de producción se redujo más entre la carga media y la alta (C2 y C3). Los rendimientos en conjunto se puede considerar que fueron elevados, consecuencia del apreciable número de cepas·ha^{-1} y de un peso del racimo alto. Asimismo, el índice de Ravaz, fue inferior en 2012, entre 1,28 y 2,26, que los otros años, de 2,37 a 4,52 (datos no mostrados) resultando, en conjunto, algo menor que el obtenido por Ibáñez et al. (2007) estudiando el momento de aclareo en Tempranillo, en La Rioja.

Tabla 2. Parámetros de la uva de los tratamientos Carga baja (C1), media (C2) y alta (C3).

	Sólidos Solubles Totales (ºBrix)			**pH**			**Ac Total** (g·L^{-1} ac. tartárico)			**IPT** 280 nm		
	2011	***2012***	***2013***	***2011***	***2012***	***2013***	***2011***	***2012***	***2013***	***2011***	***2012***	***2013***
C1	25,0	25,0	23,9	3,75	3,84	3,81 [a]	4,08	3,73	4,93	28,3	16,0	16,3
C2	24,7	25,1	23,6	3,76	3,78	3,80 [a]	4,11	3,90	4,86	21,3	15,3	15,3
C3	24,4	24,9	23,0	3,72	3,77	3,64 [b]	4,11	3,88	4,91	24,0	16,5	16,5
Sign.	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns

	Ac. Málico (g·L^{-1})			**Ac. Tartárico** (g·L^{-1})			**Potasio** (mg·L^{-1})		
	2011	***2012***	***2013***	***2011***	***2012***	***2013***	***2011***	***2012***	***2013***
C1	1,74	1,85	2,32	5,97	5,26	4,13	1.805	1.988	1.633
C2	1,80	1,85	2,36	5,66	5,40	3,90	1.805	1.990	1.723
C3	1,57	1,72	2,07	6,02	5,53	4,05	1.818	1.953	1.535
Sign.	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**

Significación estadística (Sign.): ns, no significativo; (*), p<0,05; (**), p<0,01.
Distintas letras indican diferencias significativas según el test de Duncan.

Características de la uva

Los valores obtenidos en los parámetros del mosto se exponen en la Tabla 2. Aunque las diferencias en rendimiento en uva obtenidas fueron apreciables, no llegaron a ser significativas en la mayoría de los parámetros del mosto analizados. Los resultados son similares a los obtenidos por Yeves et al. (2008) con 'Tempranillo' en Requena con dos niveles de carga, aunque estos si encontraran diferencias en el contenido de azúcares. Sólo aparecieron diferencias entre el pH de las cepas con carga alta (C3) respecto a las otras dos, aspecto interesante por ser éste un parámetro clave en la estabilidad y longevidad de los vinos. Dada la similitud obtenida en las características de la uva entre los tratamientos, se podrían plantear distintos escenarios productivos en función del equilibrio de las plantas, del menor coste o el condicionante que más interese. Además, el comportamiento del cv. Tempranillo/110-R cultivado sobre suelos ácidos ha resultado correcto, sin problemas en los resultados obtenidos respecto a otras zonas.

Tabla 3. Parámetros de la uva según tamaño de racimo (grande y pequeño) en los tratamientos Carga baja (C1), media (C2) y alta (C3) en el año 2013.

	Tamaño de racimo	Peso del racimo (g)	SST (ºBrix)	pH	Ac. Total ($g \cdot L^{-1}$)	Málico ($g \cdot L^{-1}$)	Tartárico ($g \cdot L^{-1}$)	Potasio ($mg \cdot L^{-1}$)	IPT 280 nm	Intensidad Color	Tonalidad
		Año 2013									
C1	*Grande*	453 [a]	25,1 [ab]	3,80 [a]	5,28	2,58 [ab]	3,95	1931 [a]	25,3	6,52	0,72
	Pequeño	159 [b]	25,7 [a]	3,87 [a]	5,12	2,73 [ab]	4,09	1913 [a]	24,7	4,90	0,65
C2	*Grande*	475 [a]	22,8 [b]	3,72 [ab]	5,40	2,99 [a]	3,77	1738 [ab]	22,0	4,50	0,75
	Pequeño	172 [b]	24,1 [ab]	3,78 [a]	5,08	2,45 [ab]	3,93	1610 [abc]	21,2	4,29	0,69
C3	*Grande*	438 [a]	23,2 [ab]	3,69 [ab]	5,08	2,47 [ab]	3,66	1515 [bc]	20.1	4,30	0,69
	Pequeño	186 [b]	23,6 [ab]	3,56 [b]	5,30	2,17 [b]	4,14	1310 [c]	19,3	4,22	0,68
C1		306	25,4 [a]	3,83 [a]	5,20	2,65	4,02	1922 [a]	25,0	5,71	0,68
C2		323	23,5 [b]	3,75 [ab]	5,24	2,71	3,85	1674 [b]	21,6	4,39	0,72
C3		312	23,4 [b]	3,63 [b]	5,19	2,32	3,90	1413 [c]	19,7	4,26	0,66
	Grande	455 [a]	23,7	3,74	5,26	2,7	3,79	1728	22,4	5,11	0,72
	Pequeño	172 [b]	24,5	3,74	5,17	2,4	4,05	1611	21,7	4,47	0,67
Carga		ns	*	*	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
Racimo		*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Carg. x Rac.		*	*	*	ns	*	ns	*	ns	ns	ns

Niveles de significación estadística (Sign.): ns, no significativo; (*), p<0,05; (**), p<0,01.
Distintas letras indican diferencias significativas según el test de Duncan.

Características de la uva según tamaño de racimo

Los resultados de la comparación de la composición de la uva según tamaño de racimo, realizados en el año 2013 se exponen en la Tabla 3.

El análisis de los efectos de la talla del racimo en los parámetros de la uva según los diferentes niveles de carga no mostró diferencias significativas. Sin embargo, al comparar los racimos entre las distintas cargas, aparecieron diferencias en el contenido sólidos solubles, pH y contenido de potasio, entre tipos de racimo. En conjunto, se pudo observar como la carga influía en los parámetros de la uva en mayor medida que el tipo de racimo individual. También se pudo observar que los resultados podían diferir según las características de la muestra: incluir la totalidad de las repeticiones de los tratamientos aumenta las posibilidades de tomar más bayas exteriores de los racimos (aunque resulte un método menos destructivo), que si se hace el muestreo de racimos enteros.

CONCLUSIONES

A partir de la obtención de tres niveles de carga en uva muy diferentes entre sí, las diferencias en el tamaño del racimo y en el tamaño de la baya sólo son apreciables en años determinados, por lo que con un manejo racional se puede planificar un umbral de carga de cosecha sin que surjan grandes variaciones en los componentes del rendimiento.

De igual modo, el nivel de carga de cosecha no imprime grandes diferencias en los parámetros de la uva, lo que permite un incremento de los rendimientos hasta un cierto

umbral aceptable que respete el equilibrio de las plantas. En conjunto, resulta más influyente en la composición de la uva el estado global de la cepa que el tamaño de racimo dentro de ella. Se han obtenido diferencias en parámetros importantes como pH y contenido en potasio según el muestreo realizado.

La respuesta del cv. Tempranillo sobre patrón 110-R en una zona de suelos ácidos no presenta variaciones importantes respecto a la obtenida en suelos calcáreos.

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido realizado a partir de fondos del Programa POCTEP y FEDER y de la Junta de Castilla y León a través del proyecto 0452_AGRINNDIF_2_E. Agradecemos al propietario de la parcela de viñedo, Manuel López su excelente disposición y constante ayuda para llevar a cabo el trabajo.

Referencias

Bravdo, B., Hepner, Y., Loinger, C., Cohen, S., Tabacman, H. (1984). Effect of crop level on growth, yield and wine quality of a high yielding Carignane vineyard. American Journal of Enology and Viticulture, 35(4), 247-252.

Bravdo, B., Naor, A. (1996). Effect of water regime on productivity and qualiy of fruit and wine. Proc. of the I ISHS Workshop on Strategies to Optimize Wine Grape Quality. Acta Horticulturae, 427, 15-26.

Howell, G.S. (2001). Sustainable grape productivity and the growth-yield relationship: A review. American Journal of Enology and Viticulture, 52(3), 165-174.

García-Escudero, E., Ibañez, S., Villar, M., García, C., Romero, I., López, D., Zaballa, O., González, G. (2006). Influencia del riego sobre parámetros de calidad del mosto en las variedades Tempranillo, Garnacha Tinta, Graciano y Cabernet Sauvignon. Revista Enólogos, 41, 34-38.

Ibañez, S., Martín, I., Lorenzo, I., Mangado, A., García-Escudero, E. (2007). Incidencia del momento de aclareo de racimos en el rendimiento y en la calidad de mostos y vinos de la variedad Tempranillo, en el ámbito de la D.O.Ca. Rioja. Mtrio. de Agricultura, Pesca y Alimentación. Pg., 166-172. Madrid. 21ª Reunión Grupo de Trabajo Experimentación en Viticultura y Enología. Valladolid, 22-24 mayo de 2006.

Jackson, D.I., Lombard, P.B. (1993). Environmental and managment practices affecting grape composition and wine quality: a review. American Journal of Enology and Viticulture, 44, 409-430.

Murisier, F. (1996). Optimalisation du rapport feuille-fruit de la vigne pour favoriser la qualité du raisin et l´accumulation des glucides de réserve. Relation entre le rendement et la chlorose. Thèse. Ecole Polytecnique Fédérale de Zurich. 134 p.

Soil Survey Staff. (2003). Keys to Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Ninth Edition, 2003. 1400 Independence Avenue, S.W., Washington, DC. USA.

Yeves, A., Risco, D., Castel, J.R. (2008). Influencia del riego y del nivel de cosecha en la calidad del mosto en *Vitis vinifera* cv. Tempranillo en la D.O. Utiel-Requena. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General Técnica. Pg., 217-226. Madrid. 22ª Reunión del Grupo de Trabajo de Experimentación en Viticultura y Enología. La Rioja, 14-15 de noviembre de 2007.

Composición fenólica de la variedad Marselan (*V. vinifera* Garnacha x *V. vinifera* Cabernet sauvignon) bajo el efecto del portainjerto

A. Sánchez-Ortiz[1], M. Chávaro-Ortiz[2], M. Nadal*[1] y R. Martínez-Peniche[2].

1 Vitivinicultura, Departament de Bioquímica i Biotecnologia, Facultat d'Enologia, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona (España). *E-mail: montserrat.nadal@urv.cat
2 Facultad de Química. Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas s/n, Col. Las Campanas, 76010, Querétaro (México).

Resumen

La disminución de la síntesis de fenoles en la variedad mediterránea Garnacha bajo condiciones de estrés hídrico severo, cada vez más frecuentes en el nuevo escenario de cambio global, nos lleva al estudio de un nuevo material genético que proporcione el potencial fenólico adecuado en el vino final. El efecto del portainjerto sobre la variedad, tanto en relación con el vigor como su influencia en la maduración y composición de la uva es uno de los factores a considerar cara a la sostenibilidad del cultivo de la vid. El presente estudio se ubica en el viñedo de la Universidad Rovira i Virgili (Tarragona) y se realizó el año 2013 en la variedad Marselan (*V.vinifera* Garnacha x *V.vinifera* Cabernet sauvignon). La conducción en espaldera vertical se encuentra en un marco de plantación de 2,4m x 1,1m y formado en cordón bilateral. El clima es mediterráneo y el suelo profundo, calcáreo y con una textura franco-limosa que permite mantener una reserva hídrica media. Los portainjertos objeto del ensayo fueron Richter R110, 140-Ruggeri, 41B y Fercal. El diseño experimental split-plot se estableció en bloques al azar con tres repeticiones. En envero y vendimia se midió el potencial hídrico foliar para conocer el nivel de estrés de la planta. Se procesaron muestras de 400 bayas desde el inicio del envero hasta la vendimia para evaluar la evolución de los compuestos fenólicos. Se determinaron y cuantificaron por HPLC-DAD/FLD 28 compuestos pertenecientes a 6 familias de fenoles: ácidos fenólicos (Ohc, Ohb), estilbenos, antocianinas, flavonoles y proantocianidinas (ProA). 140Ru y 41B denotaron una mayor duración del estadio fenológico de envero, mostrando valores más altos de ProA durante este período. Sin embargo, R110 acumuló mayor porcentaje relativo de Ohc, flavanoles y ProA al final de la maduración. Al considerar las familias de fenoles, los porcentajes relativos en R110 resultaron distintos de los demás patrones. Los portainjertos más ventajosos para marselan por su elevado contenido en proantocianidinas y antocianinas fueron R110 y 41B.

Palabras clave: estrés hídrico, HPLC-DAD/FLD, proantocianidinas, antocianinas, envero

INTRODUCCIÓN

Los compuestos fenólicos determinan la calidad de los vinos tintos debido a que son responsables de atributos visuales y sensoriales fundamentales como son el color, la tanicidad y la estructura (Vidal et al., 2004). Dos familias importantes de compuestos fenólicos presentes en las uvas se sabe que influyen en la calidad final del vino: proantocianidinas -taninos condensados- y antocianinas. Los primeros contribuyen a la astringencia y amargor de vinos, mientras que los segundos son los pigmentos responsables del color. La biosíntesis y la concentración final de fenoles en la baya

depende del clima, del suelo, del vigor de la variedad y portainjerto y de las prácticas culturales (Jackson y Lombard, 1993) que afectan la fisiología de la maduración y por lo tanto, la acumulación de los compuestos fenólicos en la uva (Downey et al., 2003). En particular, la reducción en el tamaño de la baya resultado de un estrés hídrico moderado en fases previas a la maduración produce un efecto de concentración de compuestos fenólicos en la uva (Ojeda et al., 2002). La influencia de los portainjertos en el comportamiento del vástago es relativamente desconocida (Cox, 1995). Sin embargo, estudios realizados por Smith y Holzapfel (2002) muestran que el portainjerto ejerce una cierta influencia en el rendimiento y vigor de la vid (Smith y Holzapfel, 2002). Stefanini et al. (1995) midieron una serie de patrones y correlacionaron el aumento de vigor y la madurez avanzada.

Actualmente existen escasos estudios sobre la composición fenólica de Marselan (Williams, 2010; Liang et al., 2012). El objetivo de este estudio se centra en evaluar la calidad fenólica de la uva de la variedad Marselan en clima mediterráneo y suelos calizos, en un ensayo con 4 diferentes portainjertos. Marselan presenta un potencial fenólico elevado y por esta razón puede resultar de gran interés para complementar y facilitar la crianza en la producción de vinos tintos de base Garnacha.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento tuvo lugar en un viñedo establecido en 2009 en el campo experimental de la Universidad Rovira i Virgili en Constantí (Tarragona, España) (Lat: 41,15º, Long: 1,217). La zona posee clima mediterráneo y suelo profundo y calizo de reserva hídrica media. En 2013 la precipitación anual fue de 536,2 mm y la temperatura media de 15,4 °C. En el diseño experimental establecido comprende la variedad Marselan (*V. vinifera* Garnacha x *V. vinifera* Cabernet sauvignon) clon 980 sobre 4 portainjertos en un diseño Split-plot con 3 bloques de repetición; cada combinación Marselan/portainjerto consiste en 17 cepas. El sistema de conducción es en espaldera vertical, la poda en cordón bilateral con 3 pulgares por brazo y el marco de 2,4m x 1,1m. Los portainjertos son: Richter110 -R110- (*V. berlandieri* Resseguier nº2 x *V. rupestris* Martin), 140Ruggeri –140Ru– (*V. berlandieri* Resseguier nº2 y *V. rupestris* de Lot), Millardet et de Grasset 41B MGt –41B– (*V. vinifera* chasselas y *V. berlandieri*) y Fercal (*V. berlandieri* Colombard nº 1 y 31-Richter [*V. berlandieri* x [*V. riparia* x *V. rupestris* x *V. candicans*]]) (Laucou et al., 2008). R110 y 140Ru son portainjertos vigorosos y muy resistentes a la sequía, en cambio, Fercal y 41B, de vigor medio-alto y de tolerancia media a la sequía, destacan por su gran resistencia a la caliza. 140Ru es un patrón también resistente a la caliza, sin embargo R110 es el menos resistente.

Para determinar el estrés de la cepa, se midió el potencial hídrico foliar (Ψh, MPa) con la cámara de Scholander desde el estado de envero hasta el momento de la vendimia, a las 5:30 y 11:30 hora solar (hs), dos hojas por bloque de repetición. Se realizaron 3 muestreos en diferentes porcentajes de envero: MAD0 (0-30%), MAD1 (30-50%) y MAD3 (50-80%) y 2 al final de maduración (MAD8 y MAD9). Las fechas de muestreo fueron MAD0 (22-Jul), MAD1 (24-Jul), MAD3 (29-Jul), MAD8 (26-Ago) y MAD9 (10-Sept). A partir del extracto obtenido de baya entera según el método de Glories modificado por Nadal (Ribéreau-Gayon et al., 2000; Nadal, 2010) se determinaron y cuantificaron las familias de compuestos fenólicos mediante HPLC (Gómez-Alonso et al., 2007), acoplada a dos detectores diodos en fila (DAD) y fluorescencia (FLD). Fueron determinados e identificados 28 compuestos entre antocianinas monoglucósidos

(delfinidina, cianidina, petunidina, peonidina y malvidina, con sus respectivos glucósidos acetatos y cumaratos), flavonoles (miricetin-3-glucósido, quercetin-3-glucósido, quercetin-3-galactósido, quercetin-3-rutinósido, quercetin-3-O-glucósido, isorhamnetin), proantocianidinas (B1, B2 y B3), ácidos hidroxibenzoicos (gálico, protocatehuico, hidroxibenzoico, siríngico), ácidos hidroxicinámicos (caftárico, cafeico, p-cumárico, ferúlico, trans-ferúlico), flavanoles ((+)-catequina y (-)-epicatequina)) y estilbenos (resveratrol).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las precipitaciones (P) se acumularon en los meses de Enero a Mayo (332,5mm) y de Noviembre a Diciembre (125,7mm), con escasas precipitaciones entre Junio y Octubre (78mm) (Tabla 1). La evapotranspiración de referencia (ETo) llegó a su máximo en el mes de Julio (163,8mm) y la temperatura máxima tuvo lugar en los meses de Julio y Agosto alcanzando valores de 29,5ºC y 28,7ºC respectivamente.

Tabla 1. Datos climáticos de 2013 en Constantí (Tarragona). Temperatura máxima (T max), Temperatura mínima (T min), Temperatura media (Tm), Precipitación (P) y evapotranspiración de referencia (ETo).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
T max (ºC)	15,1	12,9	16,6	18,2	21,1	25,5	29,5	28,7	26,8	24,7	17,6	14,8
Tmin (ºC)	3,4	3,7	6,6	7,2	9,7	13,7	18,8	18,2	15,1	13,2	6,7	2,2
Tm (ºC)	8,8	8,2	11,5	12,9	15,5	19,8	24,3	23,4	20,9	18,7	12	7,9
P (mm)	16,3	51,1	99,5	109	56,6	16,2	8,4	27,8	13,7	11,9	113	12,7
ETo (mm)	40,5	43,5	74	96,4	126	145	164	129	104	74,1	47,2	29,7

En lo que concierne el potencial hídrico foliar en estadio tamaño guisante, el portainjerto que llegó a tener valores menos negativos fue R110, manteniéndose por debajo de -0.4MPa (11:30hs) (Figura 1). En vendimia, en todos los casos, se sobrepasó el umbral de -0,8MPa excepto 41B (11:30hs). El portainjerto que llegó al potencial más negativo en tamaño guisante fue 41B mientras que en vendimia se alcanzó en 140Ru.

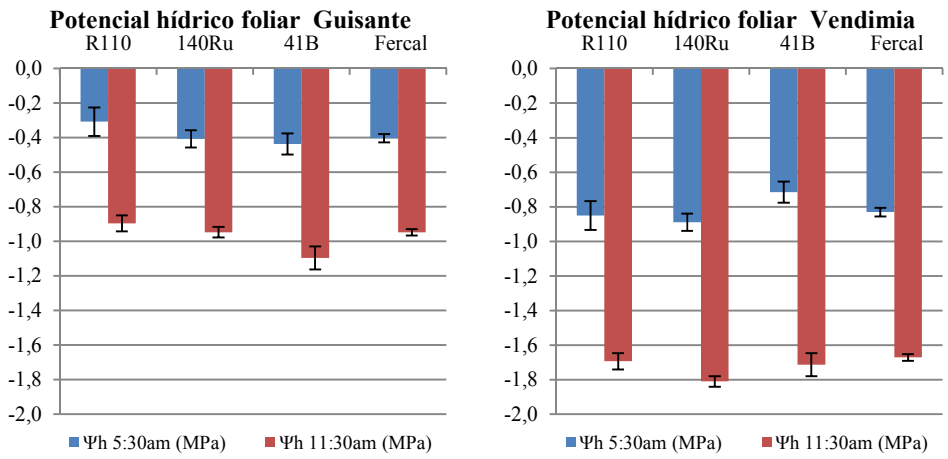


Figura 1. Potencial hídrico foliar (Ψh) en el estado fenológico de tamaño guisante y en vendimia de los portainjertos (R110, 140Ru, 41B y Fercal). Medidas a las 5:30 y 11:30 hs.

El patrón 140Ru presentó una evolución en el porcentaje de envero más lenta y progresiva durante todo el período (MAD0 y MAD3) (Figura 2), prolongándose así este estadio fenológico (datos no presentados). Cabe remarcar que 140Ru, junto con 41B, presentaron un máximo de concentración de ProA en envero MAD3. Los Ohb y Ohc muestran una tendencia similar a las ProA. Los estilbenos muestran el mismo comportamiento en todos los patrones. En fechas previas a la vendimia (MAD8 y MAD9) la acumulación de antocianinas fue en aumento para R110 y 41B, pero disminuyó para 140Ru y Fercal. La concentración de antocianinas a final de maduración, en MAD8 y MAD9, es similar para 140Ru y Fercal (Figura 2).

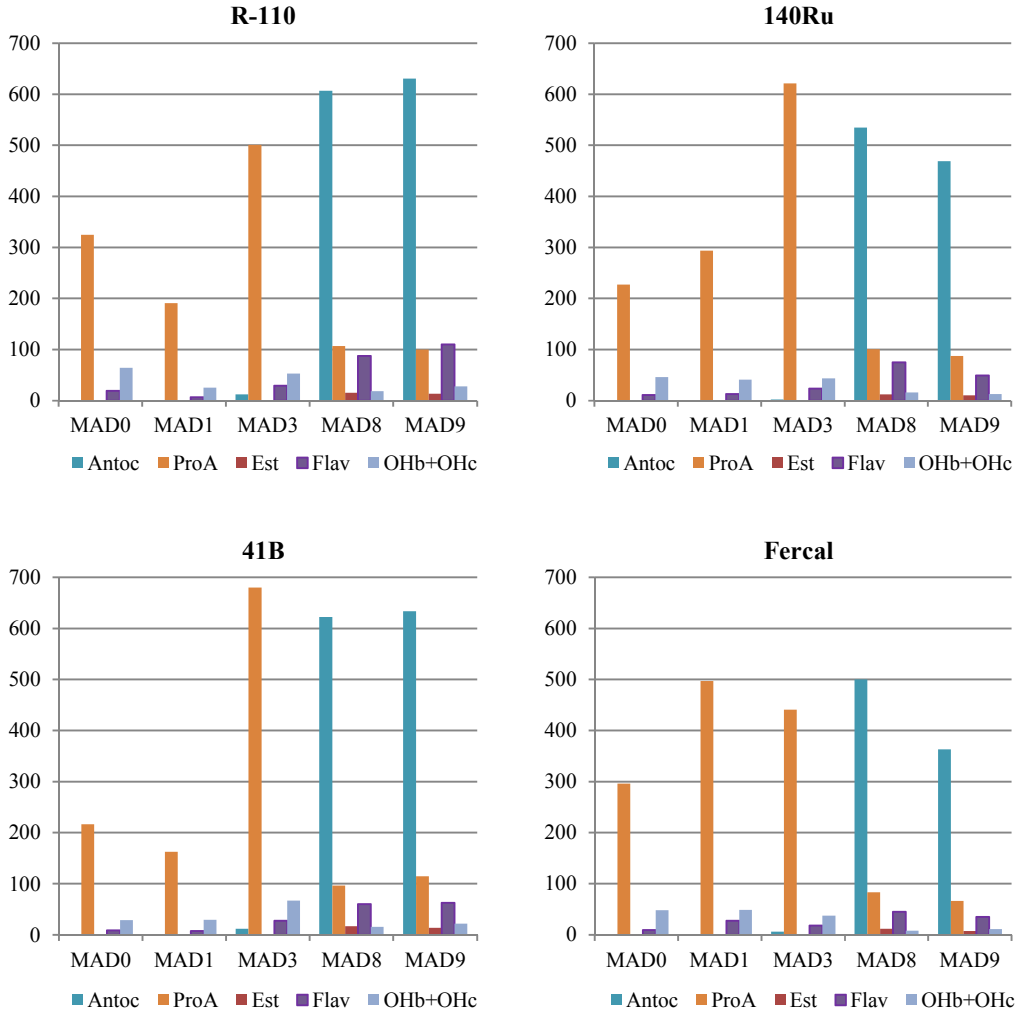


Figura 2. Evolución de los compuestos fenólicos en envero (MAD 0, 1 y 3) y final maduración (MAD 8 y 9). Ohb+Ohc (ácidos fenólicos, hidroxibenzoicos e hidroxicinámicos), antocianinas (Antoc), proantocianidinas (ProA), flavonoles (Flav) y estilbenos (Est).

Los resultados de la composición fenólica de la uva a final de maduración (MAD9) dieron resultados similares para la proporción de Ohb y estilbenos en todos los portainjertos (Figura 3). R110 mostró las mayores diferencias en cuanto a porcentajes relativos de compuestos fenólicos respecto a los otros patrones. En este sentido, cabe señalar que R110 es el patrón que presenta un mayor porcentaje relativo de Ohc (2,47%)

y flavonoles (12,07%), y menor de ProA (11,01%) y antocianinas (69,33%). En cuanto al contenido relativo de las 6 familias de fenoles en 140Ru, 41B y Fercal, los resultados fueron similares para los tres portainjertos.

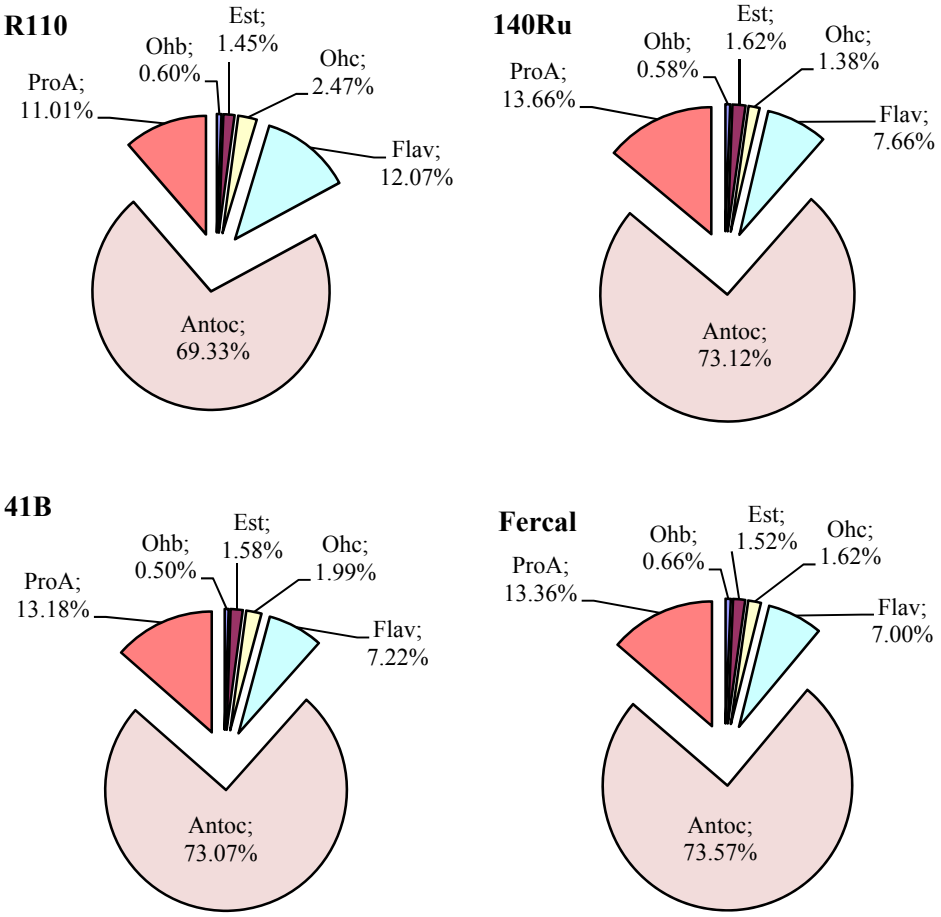


Figura 3. Porcentaje de compuestos fenólicos de Marselan para cada combinación individual bajo el efecto del portainjerto (2013) en vendimia (MAD9). Ácidos hidroxibenzóicos (Ohb), estilbenos (Est), ácidos hidroxicinámicos (Ohc) flavonoles (Flav), antocianinas (Antoc) y proantocianidinas (ProA).

CONCLUSIONES

En relación a la composición fenólica de la baya al final de la maduración, los porcentajes relativos de las distintas familias presentaron valores parecidos en Fercal, 140Ru y 41B. Cabe destacar el patrón R110 donde se apreciaron las mayores diferencias con respecto al resto; aumentaron los ácidos hidroxicinámicos y flavonoles mientras que el porcentaje relativo de antocianinas y proantocianidinas disminuyó.

El portainjerto con una fisiología más lenta y progresiva durante envero (140Ru), mostró potenciales hídricos foliares más negativos. Los patrones 41B y 140Ru alcanzaron en final de envero la concentración máxima de ProA. Para la elaboración de vinos de crianza en barrica en nuestras condiciones de ensayo, los patrones R110 y 41B resultan los más adecuados puesto que mostraron el contenido más elevado de proantocianidinas y

antocianinas en vendimia. Estos resultados deberán confirmarse en uva de otras añadas y en la composición de los vinos obtenidos.

Agradecimientos

Subvencionado por el Proyecto Nacional MICINN (Ref. AGL 2011 -30408-C04-02).

Referencias

Cox, C. (1995). Phenological Responses of Grapevine Scions to Rootstocks. In: Phylloxera and Grape Industry Board of South Australia, 46. Melson street, Stepney, SA, 5069, Australia.

Downey, M.O., Harvey, J.S., Robinson, S.P. (2003). Analysis of tannins in seeds and skins of Shiraz grapes throughout berry development. Aust. J. Grape Wine Res., 9, 15-27.

Gómez-Alonso, S., García-Romero, E., Hermosín-Gutiérrez, I. (2007). HPLC analysis of diverse grape and wine phenolics using direct injection and multidetection by DAD and fluorescence. J. Food Compos. Anal., 20, 618-626.

Laucou, V., Boursiquot, J.M., Lacombe, T., Bordenave, L., Decroocq, S., Ollat, N. (2008). Parentage of grapevine rootstock 'Fercal' finally elucidated. Vitis, 47(3), 163–167.

Liang, N., He, F., Pan, Q., Wang, J., Reeves, M.J., Duan, C.Q. (2012). Optimization of Sample Preparation and Phloroglucinol Analysis of Marselan Grape Skin Proanthocyanidins using HPLC-DAD- E SI-MS / MS. S. Afr. J. Enol. Vitic., 33, 122–131.

Ojeda, H., Andary, C., Kraeva, E., Carbonneau, A., Deloire, A. (2002). Influence of pre and postveraison on water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* Shiraz, Am. J. Enol. Vitic., 53, 261-267.

Stefanini, M., Pinamonti, F., Dorigoni, A. (1995). Effects of several rootsotocks on vegetative, productive and nutricional status of Chardonnay in Trentino. Proceedings for the 4th International Symopsium on Cool Climate Viticulture and Enology, 53-58.

Smith, J., Holzapfel, B. (2002). How do rootstocks control scion vigour and yield in grapevines? The Australian Grapegrower and Winemaker, 465, 29-32.

Vidal, S., Mendec, E., Cheyner, V., Skouroumounis, G., Hayasaka, Y. (2004). Mas spectrometric evidence fot the existence of oligomeric anthocyanins in grape skins. J. Agric. Food chem., 52, 7144-7151.

Williams, L. E. (2010). Interaction of rootstock and applied water amounts of various fractions of estimated evapotranspiration (ET_c) on productivity of Cabernet Sauvignon. Aust. J. Grape Wine Res., 16, 434-444.

Sesión Técnica 5:

Relaciones hídricas. Estrategias de riego.

Moderador:

Diego S. Intrigliolo Molina
(CEBAS-CSIC)

Efecto del régimen hídrico sobre metabolitos en hoja y parámetros de producción de *Vitis vinifera* cv. Godello en Galicia (España)

M. Fandiño[1], A.C. Malheiro[2], E. Trigo-Córdoba[1,3], J.M. Mirás-Avalos[3], E.M. Martínez[1], J. Moutinho-Pereira[2], L.T. Dinis[2], H. Ferreira[2], B.J. Rey[1], C.M. Correia[2] y J.J. Cancela*[1].

1 GI-1716. Dpto. Ingeniería Agroforestal. Univ. de Santiago de Compostela. Escuela Politécnica Superior. Campus Universitario s/n, 27002, Lugo (España).
*E-mail: javierjose.cancela@usc.es
2 CITAB. Centre for the Research and Technology of Agro-Environmental and Biological Sciences, Univ. Trás-os-Montes e Alto Douro, 5000-801, Vila Real (Portugal).
3 Estación de Viticultura e Enoloxía de Galicia (EVEGA-INGACAL). Ponte San Clodio s/n, 32427, Leiro, Ourense (España).

Resumen

En la localidad de A Rúa se ha realizado el seguimiento de un viñedo comercial de Godello, circunscrito a la Denominación de Origen Valdeorras, con tres tratamientos (secano, goteo superficial y goteo subterráneo). El objetivo del estudio ha sido determinar el efecto de la disponibilidad de agua para la planta sobre el contenido en metabolitos en hoja, la producción y el vino elaborado. Para ello, se ha determinado la evolución del estado hídrico de la planta y del suelo, durante la campaña 2013. En la fase de maduración se analizaron los metabolitos en cada tratamiento. Durante la vendimia se registraron la producción y el número de racimos por planta. Se elaboraron microvinificaciones para cada tratamiento y se analizaron acidez total, ácidos málico y tartárico, así como grado alcohólico y pH de los vinos resultantes. A partir del inicio del riego, principios de julio, se observaron potenciales hídricos foliares más negativos en el secano, tanto en hoja como en tallo, de igual forma el contenido de agua en el suelo en secano fue el menor de todos los tratamientos. Los análisis de hojas mostraron que los contenidos totales en clorofila y carotenoides fueron inferiores en el tratamiento secano, mientras que el contenido en azúcares solubles fue mayor. Las producciones de uva por planta han sido ligeramente mayores en los tratamientos regados, con un mayor peso del racimo en el goteo superficial frente al subterráneo, pero menor producción por planta. Los vinos analizados no han mostrado diferencias significativas, observándose una tendencia a una menor acidez en el tratamiento secano. Los resultados obtenidos han mostrado que las diferencias en contenidos de metabolitos en hoja observadas entre tratamientos siguen la misma tendencia que las diferencias en producción. Sin embargo, no ha sucedido lo mismo con los datos analíticos de los vinos. Esto se podría explicar debido a la ausencia de diferencias significativas entre tratamientos en cuanto al estado hídrico de las cepas.

Palabras clave: calidad, carbohidratos, potencial hídrico foliar, pigmentos fotosintéticos.

INTRODUCCIÓN

El estudio del comportamiento hídrico de las variedades tradicionales de vid en Galicia es de vital importancia para una correcta gestión del riego (Martínez et al., 2013) ante una situación de cambio climático (Cruz et al., 2009). El aporte de agua al viñedo, mediante el riego, puede presentar efectos positivos o negativos sobre los componentes

del crecimiento y desarrollo vegetativo, afectando a su expresión vegetativa, o bien modificando la producción y la calidad del vino elaborado (Fandiño et al., 2013; Trigo-Córdoba et al., 2013). García-Escudero et al. (2007) destaca la importancia de la implementación de sistemas de riego dentro del viñedo encaminada a que no se produzca un efecto negativo sobre los pilares de calidad deseada en viticultura.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de diferentes tratamientos hídricos, secano y riego, sobre el cv. Godello en una parcela comercial en la DO Valdeorras (Galicia, NO España). Para ello se realizó un seguimiento del estado hídrico de la planta y el suelo durante la campaña 2013, así como de los metabolitos foliares e indicadores de estrés oxidativo, valorando la influencia de estos tratamientos sobre la producción y calidad de las microvinificaciones elaboradas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El viñedo donde se ha realizado el estudio se encuentra localizado en A Rúa (Galicia) "DO Valdeorras" (latitud 42º 23' 59'' N, longitud 7° 7' 15'' O y a 320 m sobre el nivel del mar, con una pendiente media del 18%). El experimento fue realizado en un viñedo comercial de cultivar Godello con 17 años (1,35 x 1,95 m), conducido en espaldera e injertado sobre 110R (Fandiño et al., 2013). La temperatura media para el período comprendido entre abril y septiembre fue de 17,0 °C, con una precipitación total de 140 mm y una evapotranspiración de referencia de 689 mm, según registros de la estación de Larouco (MeteoGalicia), situada a unos 7 km de la parcela de estudio.

Se implementaron tres tratamientos, dos en regadío con sistema de riego por goteo superficial (DI) y subterráneo (SDI), respectivamente, y un tratamiento control en secano (R), estableciéndose cuatro repeticiones (siete plantas por repetición) en un diseño en bloques aleatorios. Se han incluido dos filas guarda (una a cada lado de la fila control) y 3 cepas de guarda en los dos extremos de cada repetición. Se emplearon goteros de 2 l h^{-1} autocompensantes, situados a 0,10-0,15 m sobre el nivel del suelo en el caso del sistema DI y a 0,40 m bajo el nivel del suelo en el sistema SDI. La dotación hídrica complementaria se inició el 8 de julio y finalizó el 31 de agosto, aplicándose riegos de 1,5 h $día^{-1}$, excepto durante 9 días del período en que no fue posible regar y un día en que se realizó un riego de 3,5 h, suponiendo un total en la campaña de 54 y 73 mm para los sistemas DI y SDI, respectivamente.

El contenido de agua en el suelo fue medido a 60 cm de profundidad desde mediados de abril a vendimia (16 de septiembre), en total se tomaron medidas durante 12 días empleando la técnica TDR (TDR100, Campbell Scientific) (8 medidas por tratamiento). En las mismas fechas, a partir de finales de mayo, se determinó el potencial hídrico foliar de mañana (entre las 8 y 8:30 h) y de tallo al mediodía (PMS-600 and SoilMoisture Inc., USA). Las mediciones se llevaron a cabo tomando hojas del tercio medio del pámpano, adultas, presentando un estado de desarrollo similar, sin presencia de alteraciones y con exposición directa a la radiación solar en tres plantas por repetición (12 por tratamiento). Para conseguir el equilibrio entre el potencial de la hoja y del tallo, se procedió al tapado de las hojas con bolsas plásticas metalizadas 2 horas antes de la lectura de potencial (Williams y Araujo, 2002).

Alcanzado el estado de maduración (2 de septiembre) se tomaron muestras de hojas (seis muestras por tratamiento), analizando los siguientes metabolitos foliares e indicadores de estrés oxidativo: concentración de clorofila total ($Chl_{(a+b)}$), concentración

de carotenoides totales (Car), concentración en azúcares solubles totales (SS) y almidón (St), cantidad de proteinas solubles totales (SP), contenido de fenoles totales (TP), concentración de tioles (Th) y concentración total de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS). En la sección de resultados se muestran aquellos parámetros más significativos. Los métodos empleados para llevar a cabo estos análisis se encuentran descritos por Dinis et al. (2014).

Durante la vendimia se determinó el número de racimos y la producción total por planta, además del peso medio del racimo. Tras la vendimia, se realizaron las microvinificaciones para cada tratamiento en la bodega experimental de la Estación de Viticulura y Enología de Galicia (EVEGA), Leiro (Ourense); el procedimiento utilizado se presenta en Trigo-Cordoba et al. (2013). A la finalización de las fermentaciones, se determinaron los siguientes atributos generales del vino: grado alcohólico, acidez total, pH y los contenidos en ácido málico y tartárico, empleando los métodos oficiales (OIV, 1990).

Se realizó un ANOVA de una vía para determinar las diferencias sobre los parámetros ecofisiológicos y agronómicos teniendo en cuenta el tratamiento de riego como factor. Las medias fueron separadas usando el test de Tukey HSD - R software versión 2.11.1 (R Development Core Team, 2010) fue empleado para el análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evolución del contenido de agua en el suelo muestra una tendencia a la disminución desde mediados de abril hasta vendimia (Figura 1). A partir del inicio del riego, en los tratamientos regados (DI y SDI) se han medido contenidos superiores frente al secano. Similar comportamiento ha sido recogido por Fandiño et al. (2013) durante la campaña 2012.

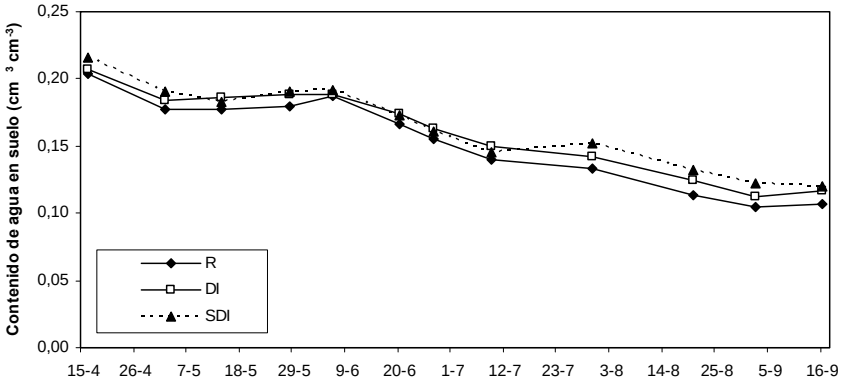


Figura 1. Contenido medio de agua en el suelo a 60 cm de profundidad.
R-Tratamiento sin riego, DI-Sistema riego goteo superficial, SDI-Sistema riego goteo subterráneo

Los parámetros foliares han presentado una misma tendencia que el contenido de agua en el suelo, tanto para el potencial hídrico foliar de mañana, como para el potencial hídrico de tallo al mediodía (Figura 2). Para ambos parámetros, las mayores diferencias entre tratamientos se observaron el 2 de septiembre, coincidiendo con el momento de toma de muestras para el análisis de metabolitos foliares. En vendimia ambos tratamientos de riego muestran un potencial de tallo al mediodía de -0,9 MPa, frente al tratamiento secano (R) con un valor de -1,1 MPa. Fandiño et al. (2013), en el mismo

viñedo y para la campaña 2012, obtuvieron potenciales hídricos foliares de tallo más negativos, aproximándose a -1,2 MPa en vendimia para todos los tratamientos, a pesar de emplear mayor cantidad de agua de riego, lo que ha sido debido, probablemente, a una mayor demanda evapotranspirativa en 2012.

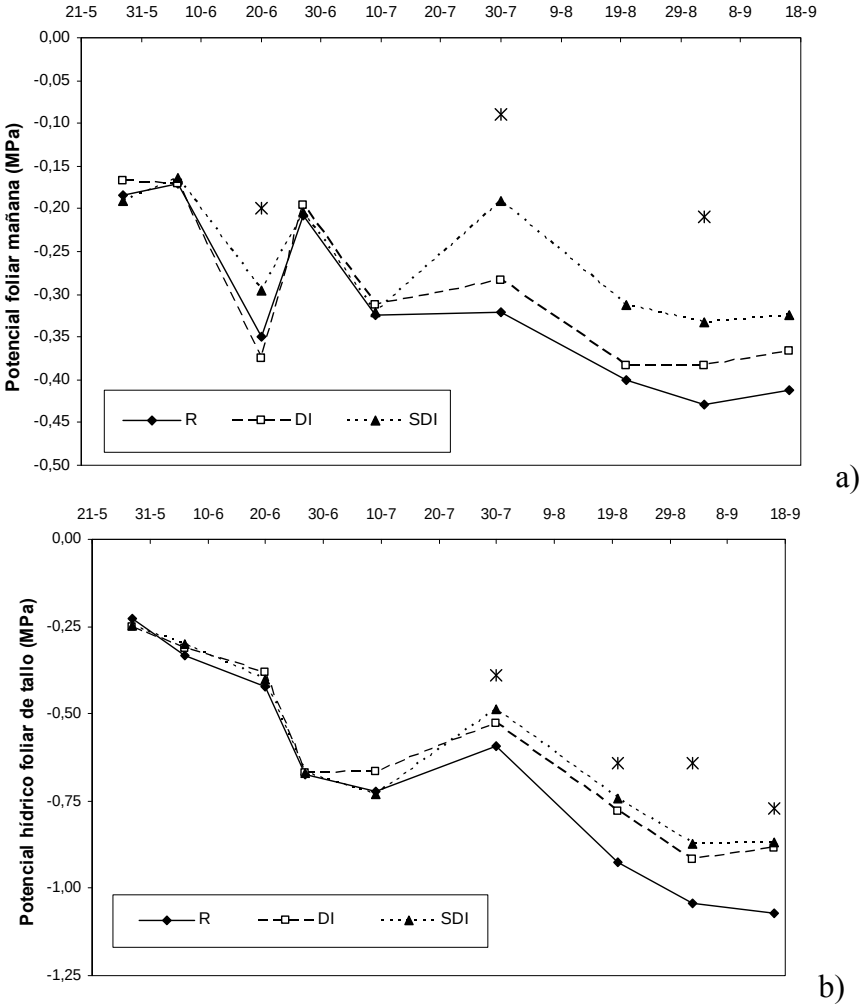


Figura 2. Evolución del potencial hídrico a lo largo de la campaña para los tres tratamientos considerados: a) potencial hídrico foliar de mañana; b) potencial de tallo al mediodía. 2013. (*: días con diferencias significativas entre tratamientos)
R-Tratamiento sin riego, DI-Sistema riego goteo superficial, SDI-Sistema riego goteo subterráneo

El análisis de metabolitos muestra que los contenidos en clorofila y carotenoides totales (expresados en peso fresco) son significativamente más elevados en plantas bajo el tratamiento DI que en plantas sin riego (Tabla 1). El contenido en azúcares solubles es significativamente superior en plantas R. La tendencia del contenido de las proteínas solubles es que el valor sea superior en plantas SDI (Tabla 1). Tanto los valores de TP, como de Th, no presentan diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 2), si bien el contenido en TBARS, indicador de la integridad de la membrana, sugiere una mayor degradación de la membrana en el tratamiento sin riego siendo su valor superior, mientras que plantas bajo DI tienen valores inferiores. Este valor indica una mayor protección de las proteínas bajo este tratamiento. El contenido en pigmentos fotosintéticos en hoja se

comporta igual que el peso medio del racimo (Tabla 3), aunque este no presenta diferencias significativas.

Tabla 1. Concentración en hoja de pigmentos fotosintéticos (clorofila total, Chl_{a+b}; carotenoides, Car), y contenido en azúcares solubles (SS), almidón (St) y proteínas solubles (SP).

Tratamiento	Chl_{a+b} (mg g^{-1})	Car (mg g^{-1})	SS (mg g^{-1})	St (mg g^{-1})	SP (mg g^{-1})
R	1,62±0,19 b	0,39±0,04 b	55,7±8,1 a	31,0±9,8 a	13,9±2,0 b
DI	2,33±0,23 a	0,51±0,04 a	41,5±6,3 a	29,6±9,7 a	10,2±2,9 ab
SDI	2,09±0,20 a	0,47±0,04 a	39,1±7,1 b	29,1±7,9 a	17,1±3,8 a
p-valor	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,675	0,001

PF- peso fresco.
R-Tratamiento sin riego, DI-Sistema riego goteo superficial, SDI-Sistema riego goteo subterráneo.

Tabla 2. Contenido de fenoles totales (TP), tioles (Th) y sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS).

Tratamiento	TP (mg g^{-1})	Th (nmol mg^{-1})	TBARS (µmol g^{-1})
R	45,9±5,3 a	9,6±0,88 a	3,9±0,73 a
DI	44,7±4,9 a	9,6±0,76 a	2,9±0,54 b
SDI	44,3±3,4 a	9,8±0,77 a	3,3±0,60 ab
p-valor	0,774	0,904	0,020

PF- peso fresco.
R-Tratamiento sin riego, DI-Sistema riego goteo superficial, SDI-Sistema riego goteo subterráneo.

Las producciones de uva por planta han mostrado una tendencia a ser ligeramente mayores en los tratamientos regados, con un mayor peso del racimo en DI frente al SDI, pero menor producción por planta (Tabla 3). Sin embargo, estas diferencias no han sido significativas. Por el contrario, las cepas bajo el tratamiento SDI han tenido un mayor número de racimos.

Tabla 3. Parámetros de producción para el cv. Godello según tratamiento de riego.

Tratamiento	Nº Racimos	Producción (kg Ha^{-1})	Producción (kg $planta^{-1}$)	Peso medio racimo (g)
R	21,3±8,2 ab	12.156	3,20±1,7 a	142,7±50,7 a
DI	20,8±9,0 a	14.017	3,69±2,1 a	171,0±58,3 a
SDI	26,7±9,1 b	15.878	4,18±2,0 a	152,8±54,6 a

Letras diferentes en la columna indican diferencias significativas a P < 0,05.
R-Tratamiento sin riego, DI-Sistema riego goteo superficial, SDI-Sistema riego goteo subterráneo.

Tabla 4. Parámetros básicos de los vinos para cada tratamiento.

Tratamiento	Acidez total (g tartárico L^{-1})	Ácido málico (g L^{-1})	Ácido tartárico (g L^{-1})	Grado alcohólico (%Vol.)	pH
R	7,05	2,50	2,85	14,0	3,37
DI	7,45	2,85	2,65	14,2	3,39
SDI	7,95	2,65	3,25	14,1	3,26

R-Tratamiento sin riego, DI-Sistema riego goteo superficial, SDI-Sistema riego goteo subterráneo.
Las diferencias entre tratamientos no han sido significativas a P < 0,05.

Los vinos analizados no han mostrado diferencias significativas, observándose una tendencia a una menor acidez en el tratamiento secano (Tabla 4). Trigo-Córdoba et al. (2013) obtuvo resultados similares en el año 2012, por lo que en ambas campañas, y a pesar de que las diferencias no hayan sido significativas, los tratamientos de riego han tendido a aumentar la acidez de los vinos.

CONCLUSIONES

Los tratamientos de riego aplicados presentan diferencias significativas en el estado hídrico del viñedo, afectando a los parámetros de producción, con una tendencia a mayores producciones y peso medio del racimo, y a una mayor acidez en los tratamientos regados. Las diferencias en contenidos de metabolitos en hoja entre tratamientos han mostrado una tendencia similar a los parámetros de producción. Ante un escenario de cambio climático, el uso del riego en el cv. Godello favorece los sistemas de control del estrés oxidativo en el viñedo, con incrementos de producción y de la acidez total del vino; si bien, en la campaña estudiada, estos incrementos no han sido significativos.

Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Proyecto nº RTA2011-00041-C02-00, con 80% de fondos FEDER. Agradecimientos a la empresa NaanDanJain Ibérica por la cesión del material de riego empleado en el ensayo. E. Trigo-Córdoba agradece al INIA su contrato predoctoral, y J.M. Mirás-Avalos agradece a la Xunta de Galicia su contratación a través del programa “Isidro Parga Pondal”.

Referencias

Cruz, R., Lago, A., Lage, A., Rial, M.E., Díaz-Fierros, F., Salsón, S. (2009). Evolución recenté do clima de Galicia. Tendencias observadas do clima en Galicia. Tendencias observadas en variables meteoroloxicas. En: Evidencias e impactos do cambio climático en Galicia. Xunta de Galicia. ISBN: 978-84-453-4782-9.

Dinis, L.-T., Correia, C.M., Ferreira, H.F., Gonçalves, B., Gonçalves, I., Coutinho, J.F., Ferreira, M.I., Malheiro, A.C., Moutinho-Pereira, J. (2014). Physiological and biochemical responses of Semillon and Muscat Blanc à Petits Grains winegrapes grown under Mediterranean climate. Scientia Horticulturae, 175, 128-138.

Fandiño, M., Martínez, E.M., Trigo-Córdoba, E., Bouzas-Cid, Y., Díaz-Losada, E., Mirás-Avalos, J.M., Rey, B.J., Cancela, J.J. (2013). Irrigation effects on the ecophysiological response of Godello cultivar from Valdeorras D.O. (NW Spain) in 2012. Ciência Téc. Vitiv. Volume 28. Proceedings 18th International Symposium GiESCO. 7-11 July 2013. Porto, Portugal, 53-57.

García-Escudero, E. (2007). Efectos del riego en la composición del mosto y vino. In: Fundamentos, aplicación y consecuencias del riego en la vid. Ed. Agrícola Española, S.A. ISBN: 84-85441-86-9.

Martínez, E.M., Fandiño, M., Cancela, J.J., Rey, B.J. (2013). Relaciones hídricas suelo-planta: Evaluación del estrés del cv. Albariño en la DO Rías Baixas. Revista Interempresas Vitivinícola. URL.

O.I.V. (1990). Recueil des méthodes internationales d'analyses des vins et des moûts. Office International de la Vigne et du Vin (Ed), Paris.

R Development Code Team (2010). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL.

Trigo-Córdoba, E., Fandiño, M., Bouzas-Cid, Y., Cancela, J.J., Rey, B.J., Martínez, E.M., Díaz-Losada, E., Mirás-Avalos, J.M. (2013). Irrigation effects on the agronomic and enological performance of godello cultivar from Valdeorras D.O. (NW Spain) in 2012. Ciência Téc. Vitiv. Volume 28. Proceedings 18th International Symposium GiESCO. 7-11 July 2013. Porto, Portugal, 99-103.

Williams, L.E, Araujo, F.J. (2002). Correlations among predawn leaf, midday leaf, and midday stem water potential and their correlations with other measures of soil and plant water status in *Vitis vinifera*. Journal of American Society for Horticultural Science, 127(3), 448-454.

Composición nitrogenada de las variedades blancas 'Airén', 'Cigüente', 'Moscatel de Alejandría' y 'Verdejo', cultivadas en España. Incidencia del régimen hídrico

M.E. Valdés*[1], D. Moreno[1], M. Vilanova[2], J. Yuste[3], A. Montoro[4], M.I. Talaverano[1], E. Gamero[1], D. Uriarte[1], L.A. Mancha[1] y J.R. Castel[5].

1 Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura, 06071, Badajoz.
*E-mail: esperanza.valdes@gobex.es
2 Misión Biológica de Galicia-CSIC, Salcedo, 36143, Pontevedra.
3 Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León, 47071, Valladolid.
4 Instituto Técnico Agronómico Provincial, 02080, Albacete.
5 Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Moncada, 46113, Valencia.

Resumen

Dada la importancia de la composición nitrogenada del mosto, por sus consecuencias en el aroma del vino, es imprescindible conocer el efecto que las diferentes prácticas agronómicas tienen en estas sustancias, tanto en el aspecto cualitativo como en el cuantitativo. En la campaña 2012 se estudiaron, en vendimia, los efectos de diferentes tratamientos de riego (dosis y momento de aplicación) en la composición nitrogenada de cuatro variedades blancas de vid: 'Airén' (*Ai*), en Albacete; 'Cigüente' (*Ci*) en Badajoz, 'Moscatel de Alejandría' (*Mo*) en Valencia y 'Verdejo' (*Ve*) en Valladolid. En todos los casos, son viñedos conducidos en espaldera, mediante posicionamiento vertical de la vegetación, podados en cordón Royat bilateral y sometidos a similares prácticas de cultivo. En cada localización, la fertilización nitrogenada fue idéntica para todos los tratamientos. Independientemente del régimen hídrico impuesto, arginina y prolina fueron los aminoácidos mayoritarios en todos los casos. Los mayores valores de TAC (Contenido Amínico Total) y NFA (Nitrógeno Fácilmente Asimilable) se hallaron en la variedad *Mo*, seguida de *Ci*, *Ai* y, finalmente *Ve*. Las cantidades de prolina (aminoácido no asimilable por las levaduras) siguieron la misma tendencia. Las variedades *Ci* y *Mo* presentaron respectivamente los mayores y los menores valores de asparagina, treonina y fenilalanina, aminoácidos importantes como precursores de aromas fermentativos. En general, los diferentes regímenes hídricos apenas incidieron en los perfiles amínicos de *Ai* y *Mo*, pero sí en *Ci* y *Ve*, con parecidas tendencias en ambas variedades.

Palabras clave: aminoácido, HPLC, riego por goteo, secano.

INTRODUCCIÓN

Entre los compuestos nitrogenados del mosto, los aminoácidos tienen una importancia primordial, siendo necesarios unos niveles mínimos de NFA (Nitrógeno Fácilmente Asimilable), constituido por el nitrógeno amoniacal y el conjunto de todos los aminoácidos excepto la prolina, para un buen desarrollo y la finalización completa de la fermentación alcohólica. Además, son precursores de las propiedades organolépticas del vino al transformarse en alcoholes, aldehídos, ésteres, ácidos dicetónicos, etc. principales responsables del flavor (Guitart et al., 1999). Investigaciones realizadas por Hernández-

Orte et al. (2002) hallaron que los aminoácidos treonina, fenilalanina y ácido aspártico modelan 8 de los 16 compuestos más importantes del aroma siendo la treonina el que parecía tener mayor influencia. La cantidad y la distribución de estas sustancias dependen de numerosos factores entre los que pueden citarse el tipo de suelo, el portainjerto y especialmente la variedad, habiéndose demostrado que el análisis de aminoácidos permite caracterizar y diferenciar variedades (Spayd y Andersen-Bagge, 1996; Asensio et al., 2002). Pero junto a los factores naturales y biológicos, las técnicas de cultivo pueden incidir en la evolución de los aminoácidos durante la maduración, de modo que el perfil y la concentración de estas sustancias en el momento de vendimia dependen también de factores culturales (Bena Tzourou et al., 1999). Entre ellos, el estado hídrico de la planta es especialmente importante (Jreij y Blaise, 2009). Dada la climatología de un gran número de zonas vitícolas de España, la aplicación del riego es una práctica cada vez más extendida. Sin embargo, las consecuencias de su aplicación en variedades blancas para vinificación aún están poco estudiadas, siendo por ello importante conocer su incidencia en la acumulación de estos compuestos en la baya. El objetivo de este trabajo es doble: analizar la composición nitrogenada de la uva de variedades blancas cultivadas en diferentes zonas vitícolas españolas e investigar la variación de dicha composición en función del estado hídrico de la planta en uva que presenta similar concentración de azúcares. Este aspecto es importante ya que se trata de observar la incidencia del estado hídrico en la composición amínica en uvas que darían vinos de similar grado alcohólico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó durante la temporada 2012 en cuatro lugares diferentes de España, con las siguientes variedades: 'Airén' (**Ai**, en Barrax, Albacete), 'Cigüente' (**Ci, sinónimo 'Doña Blanca'** en Lobón, Badajoz), 'Moscatel de Alejandría' (**Mo**, Vilamarxant, Valencia) y 'Verdejo' (**Ve**, Medina del Campo, Valladolid). Las principales características de viña, suelo y fenología y las condiciones climáticas se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Principales características de los viñedos de cada variedad.

Parámetro	Airén	Cigüente	Moscatel de Alejandría	Verdejo
Coordenadas	39°03´N, 2°06`W	38º51'N, 6º40'W	39º33'N,0º42'W	42º21'N, 4º56'W
Altitud, m	679	200	197	785
Patrón	110R	110R	161-49	110R
Año de plantación	1999	2005	1996	2006
Marco, m	3,00x 1,5	2,95x1,35	2,75x1,8	2,6x1,25
Nº de cepas/rep	20	20-24	24-40	20
Nº de repeticiones	3	4	4	4
Textura del Suelo	Franco_Arcillo Arenoso	Franco Arcilloso	Franco Arcilloso	Franco-Arcillo-Arenoso
Prof. de suelo, m	0,75	=1	>1,5	=1
Capacidad retención de Agua, mm/m	130	130	200	120
Tipo de clima (Tonietto y Carbonneau, 2004)	Muy cálido, noches muy frias, mod. Seco	Cálido, noches frías, muy seco	Cálido, noches templadas, mod. seco	Cálido noches muy frías, mod. seco
Fecha de Desborre	1 mayo	28 marzo	18 abril	21 abril
Fecha de Envero	15 agosto	18 julio	7 agosto	21 agosto
Lluvias (1 abril-30 sep)mm	79	79	78	81
ETo(1 abril-30 sep)	1013	1026	924	1074

En todos los casos, son viñedos conducidos en espaldera, mediante posicionamiento vertical de la vegetación, podados en cordón Royat bilateral y sometidos a similares prácticas de cultivo. En cada localización, la fertilización nitrogenada fue 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, donde la profundidad del suelo es inferior a 1 m.

Tratamientos de régimen hídrico

La Tabla 2 describe los tratamientos ensayados en las diferentes localizaciones.

Tabla 2. Descripción de tratamientos y estados hídricos.

Tratamiento	Descripción	Ψs tallo(MPa) Temporada	Ψs tallo(MPa) Preenvero	Ψs tallo(MPa) Postenvero
AiRS	Riego deficitario al 14% de la ET cero en preenvero y 18% en posenvero	-0,65[a]	-0,71[a]	-0,59[a]
AiPR	Riego deficitario Preenvero. 12% ET cero hasta envero y 18% en posenvero.	-0,78[b]	-0,88[b]	-0,68[b]
AiPO	Riego deficitario Postenvero. 14% ET cero hasta envero y 12% ET cero en posenvero	-0,82[b]	-0,77[ab]	-0,87[c]
CiT	Testigo. Riego toda la temporada al 100% de la ETc potencial = 0,6-0,7 ET cero	-0,56[a]	-0,59[a]	-0,54[a]
CiPR	Riego deficitario Preenvero. 25% ETc hasta envero y después al 75%	-0,82[b]	-0,93[c]	-0,73[b]
CiPO	Riego deficitario Postenvero. 75%ETc hasta envero y después al 25%	-0,92[b]	-0,76[b]	-1,13[c]
CiNR	No regado.Secano	-1,29[c]	-1,11[d]	-1,53[d]
MoT	Testigo. Riego toda la temporada al 100% de la ETc potencial = 0,4-0,5 ET cero	-0,75[a]	-0,69[a]	-0,95[a]
MoPR	Riego deficitario preenvero. No se riega hasta que Ψs alcanza -1.0 MPa. Después riego como el testigo	-0,81[b]	-0,80[c]	-0,94[a]
MoPO	Riego deficitario postenvero. Riego como el testigo hasta envero y después al 25%	-0,81[b]	-0,71[a]	-1,13[c]
MoRS	Riego al 50% del testigo durante toda la temporada	-0,81[b]	-0,74[b]	-1,07[b]
VeT	Control.Riego al 100% de la ETc potencial =0,5 ET cero desde la parada de crecimiento vegetativo hasta vendimia .	-0,77[a]	-0,81	-0,71[a]
VeRS	Riego al 50% del testigo desde la parada de crecimiento vegetativo hasta vendimia.	-0,98[b]	-0,89	-1,13[b]
VeNR	No regado. Secano	-1.21[c]	-1.00	-1,58[c]

Para una localización y periodo de potencial hídrico, superíndices diferentes indican diferencias significativas ($p<0,05$).

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 (ETc) se estimó como producto de ET_0 y del coeficiente de cultivo (Kc). El riego se aplicó por goteo con 1-2 emisores auto-compensados por cepa. 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 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 (Ψs) 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 seis plantas por tratamiento y dos hojas por planta. En la Tabla 2 aparecen junto a los tratamientos ensayados los valores de Ψs registrados en cada uno de los tratamientos para los periodos de preenvero, postenvero y toda la temporada, pudiéndose observar el efecto de los diferentes tratamientos. En todos los casos el diseño estadístico fue de bloques completos al azar.

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

En cada localización el contenido en sólidos solubles se determinó por refractometría. La composición aminoacídica de la uva de todas las localizaciones se llevó a cabo en el INTAEX mediante cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) en un autoanalizador de aminoácidos (Biochrom 30, de 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 para prolina e hidroxiprolina que se detectan a 440 nm. La cuantificación se efectuó mediante calibración externa, empleando una recta de calibrado para cada aminoácido. La estimación del contenido total de aminoácidos (CTA) se efectuó como el sumatorio de todos los aminoácidos y la del NFA (Nitrógeno Fácilmente Asimilable) se realizó restando al NAT (Nitrógeno Amínico Total) la aportación del N procedente del aminoácido prolina (Valdés et al., 2011).

Análisis estadístico

Para cada variedad, se hizo análisis de varianza (ANOVA), considerando el factor riego. Cuando existieron diferencias significativas se efectuó la clasificación de medias mediante el test de Duncan. Con los datos de todas las localizaciones se efectuó un análisis de componentes principales (ACP). Se ha empleado el paquete estadístico XLSTAT.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tal y como aparece en la Tabla 3 para cada localización, todos los tratamientos se vendimiaron con similar ºBrix, cuyo valor es para cada variedad el criterio habitual de vendimia en su zona. Ello supuso efectuar la vendimia de los diferentes tratamientos en diferentes fechas en algunas variedades. Así, las fechas de vendimia fueron, en la variedad 'Cigüente' el 18 de Agosto para CiPR, CiPO y CiNR y el 24 de Agosto para CiC**;** en 'Moscatel' el 19 Sept y el 5 Oct, y en 'Verdejo' el 10 de Octubre en todos los tratamientos, ya que por lo general los tratamientos más regados supusieron un ligero retraso en la fecha de vendimia. Este es un aspecto interesante de este trabajo, pues se

investiga el efecto del estado hídrico en uva con similar estado de maduración, dado que se ha comprobado que, aunque con diferente intensidad en función de la añada, la concentración de aminoácidos varia con el grado de maduración de la baya (Ortega et al., 2013; Niculcea et al., 2013). En la Tabla 3 se muestra el efecto de los diferentes tratamientos de riego en los valores de arginina (Arg), prolina (Pro), treonina (Thr), fenilalanina (Phe), ácido aspártico (Asp), metionina (Met) y triptófano (Trp). Aparecen también las concentraciones del contenido total de aminoácidos (CTA) y nitrógeno fácilmente asimilable (NFA) y de azucares (ºBrix).

Tabla 3. Composición nitrogenada (mg·L^{-1} de mosto) en los distintos tratamientos de cada variedad.

Variedad	Tratamiento	Arg	Pro	Thr	Phe	Asp	Met	Trp	CTA	NFA	ºBrix
	AiPR	513,82	342,01	70,01	26,24	38,79	4,42	12,51	1585,01	274,05	19,80
	AiPO	518,58	363,67	69,38	25,41	36,66	4,37	11,56	1633,30	280,07	18,10
	AiRS	502,51	332,16	69,54	28,33	34,09	5,31	17,41	1582,27	273,85	19,90
Airen	*valor medio*	*511,64*	*345,95*	*69,64*	*26,66*	*36,52*	*4,70*	*13,83*	*1600,20*	*275,99*	*19,27*
	CiNR	**334,28**	**265,98**	**88,43**	**36,48^{a}**	**49,29^{b}**	**18,92^{a}**	**37,59^{a}**	**1656,44**	**268,28**	**22,40**
	CiPR	**333,56**	**227,23**	**83,61**	**22,92^{b}**	**56,60^{a}**	**16,26^{b}**	**21,08^{b}**	**1557,50**	**258,45**	**21,20**
	CiPO	**327,01**	**304,86**	**81,55**	**25,45^{b}**	**53,56^{b}**	**17,21^{ab}**	**25,09^{b}**	**1662,77**	**262,72**	**23,40**
	CiT	**377,17**	**224,21**	**78,10**	**21,10^{b}**	**65,15^{a}**	**16,51^{b}**	**19,25c**	**1633,49**	**279,18**	**21,10**
Cigüente	*valor medio*	*343,01*	*255,57*	*82,92*	*26,48*	*56,15*	*17,23*	*25,75*	*1627,55*	*267,16*	*21,90*
	MoRS	**547,88**	**410,06**	**33,80**	**17,12**	**16,53**	**4,21**	**28,36**	**1612,60**	**277,64**	**21,3^{b}**
	MoPR	**550,06**	**509,25**	**37,90**	**17,66**	**16,86**	**4,32**	**29,12**	**1770,67**	**286,58**	**22,4^{a}**
	MoPO	**549,71**	**455,72**	**34,45**	**17,70**	**16,69**	**4,47**	**27,90**	**1689,74**	**282,94**	**21,9^{ab}**
	MOT	**550,93**	**477,52**	**35,94**	**18,32**	**16,82**	**4,62**	**27,23**	**1705,48**	**287,18**	**21,7^{ab}**
Moscatel	*valor medio*	*549,64*	*455,64*	*35,52*	*17,70*	*16,72*	*4,40*	*28,15*	*1694,62*	*283,58*	*22,00*
	VeRS	**499,70^{a}**	**226,93**	**95,78**	**35,70^{a}**	**28,66^{b}**	**7,85^{a}**	**35,85^{a}**	**1513,69**	**272,39^{a}**	**22,30**
	VePR	**390,64^{b}**	**214,24**	**78,31**	**18,25^{b}**	**30,18^{a}**	**3,62^{b}**	**9,05^{b}**	**1197,84**	**209,26^{b}**	**22,60**
	VePO	**439,47^{ab}**	**289,56**	**95,99**	**18,71^{b}**	**39,62^{a}**	**4,31^{b}**	**5,01^{b}**	**1446,09**	**242,98^{b}**	**23,40**
Verdejo	*valor medio*	*443,27*	*243,58*	*90,03*	*24,22*	*32,82*	*5,26*	*16,63*	*1385,87*	*241,54*	*22,77*

Para una misma localización y parámetro superíndices diferentes indican diferencias significativas ($p<0,05$).

En todas las variedades, Arg y Pro fueron los aminoácidos mayoritarios. Arg representó el 32% del CTA en todas las variedades excepto en 'Cigüente' (21%). Las aportaciones de Pro al CTA variaron más y representaron el 16, 18, 22 y 27% en 'Cigüente', 'Verdejo', 'Airén' y 'Moscatel' respectivamente. El valor medio de la relación Pro/Arg, sugerida como característica varietal, fue de 0,82 en 'Moscatel' que resultó significativamente diferente del 0,55 hallado en 'Verdejo'. Enológicamente interesa que esta relación tenga el menor valor posible puesto que la Pro es un aminoácido no asimilable por las levaduras. En 'Verdejo' y 'Cigüente' se hallaron los valores máximos de Thr, Phe y Asp aminoácidos que según Guitart et al. (1999) son importantes precursores aromáticos. En 'Cigüente' también se hallaron los valores máximos de Met y Trp, este último interesante por su valor funcional. Los diferentes regímenes hídricos no afectaron significativamente ninguno de los aminoácidos en 'Moscatel' y 'Airén', como lo indica la ausencia de correlación encontrada con los valores de Ψs en cualquiera de los periodos considerados. Tampoco incidieron significativamente sobre el CTA de las variedades 'Verdejo' y 'Cigüente', pero sí sobre el contenido de algunos aminoácidos

individuales. En este aspecto los resultados hallados coinciden con los de Niculcea et al. (2013) en la variedad 'Tempranillo'. Es de destacar que en 'Verdejo' y 'Cigüente' se observaron descensos significativos debidos a la aplicación de riego en los aminoácidos Phe, Met y Trip, mientras que Asp aumentó (Tabla 3), coincidiendo estos dos últimos resultados con los hallados en el trabajo anteriormente citado.

El análisis de componentes principales (Fig. 1) muestra la representación bidimensional de los valores medios de los diferentes tratamientos en las distintas localizaciones. En su conjunto, las dos componentes principales explican el 72,4% de la varianza total. La componente principal 1 explica el 47% de la varianza y se correlaciona positivamente con los valores de Pro y Arg e inversamente con los de Thr. Dicha componente principal 1 permite diferenciar las variedades 'Moscatel' y 'Airén' de 'Verdejo' y 'Cigüente'.

La segunda componente principal explica un 25,3% de la varianza y está definida por Trp, CTA, NFA y en menor medida por los valores de Asp, Met y Phe y permite diferenciar los tratamientos de riego, que ratificando lo anteriormente expuesto tuvieron la mayor intensidad en 'Verdejo' y la mínima en 'Airén'.

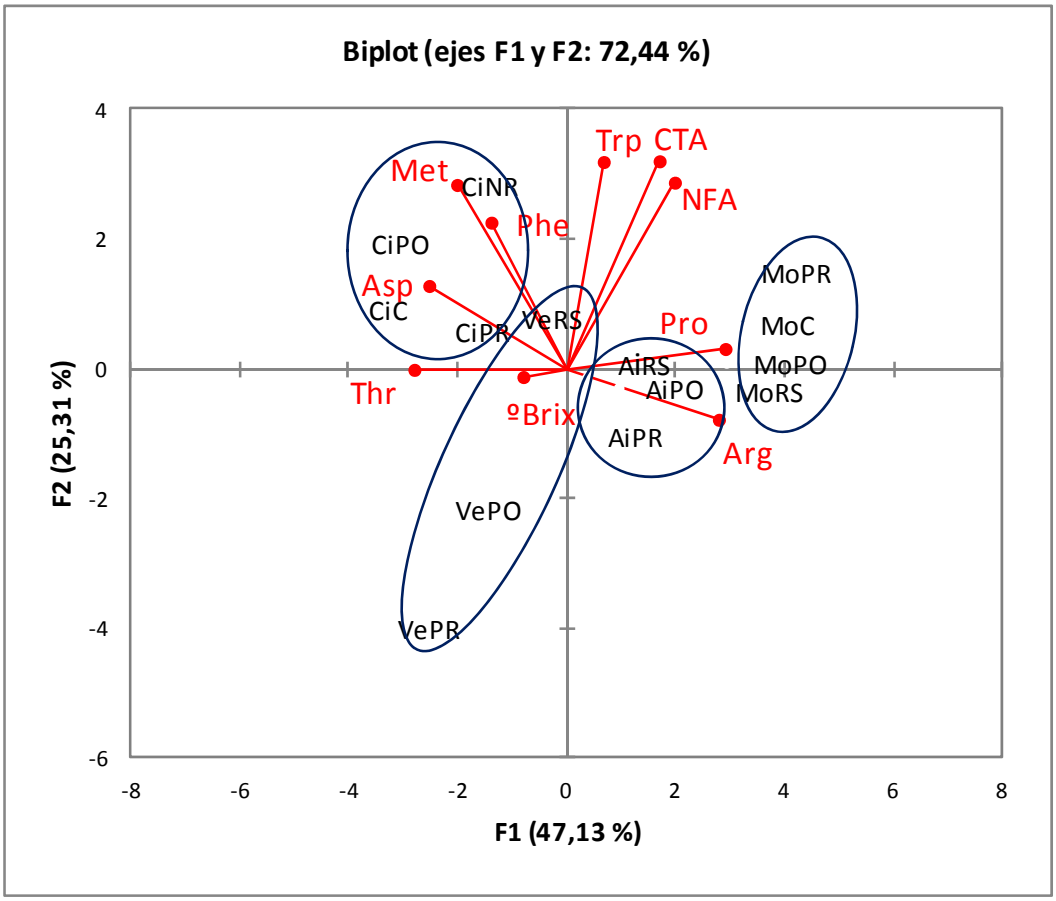


Figura 1. Representación de la distribución de muestras obtenida al seleccionar los dos primeros componentes principales como ejes.

Dado que los resultados expuestos se refieren únicamente a un año de experimentación, no se pueden establecer conclusiones generales, aunque se observa que

no todas las variedades son igualmente sensibles al estrés hídrico. Así pues, la aplicación del riego, no afectó a las cantidades totales de aminoácidos pero sí a su distribución, lo cual puede tener repercusiones en el aroma de los vinos elaborados.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto INIA RTA2011-00100-C05. Los autores agradecen a INIA y a fondos FEDER la financiación del mismo.

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., Valdes, M.E., Cabello, F. (2002). Characterisation of some Spanish white grapevine cultivars by morphology and amino acid analysis. Scientia Horticulturae, 93, 289-299.

Bena Tzourou, I., Lanaridis, P., Metafa, M. (1999) Influence de l'éclaircissage sur la concentration en acides aminés des moûts et des vins du cépage blanc Vilana. Incidence sur les substances volatiles du vin. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, 33, 111-117.

Guitart, A., Hernandez-Orte, P., Ferreira, V., Pena, C., Cacho, J. (1999). Some observations about the correlation between the amino acid content of musts and wines of the Chardonnay variety and their fermentation aromas. American Journal of Enology and Viticulture, 50, 253-258.

Hernandez-Orte, P., Cacho, J.F., Ferreira, V. (2002). Relationship between varietal amino acid profile of grapes and wine aromatic composition. Experiments with model solutions and chemometric study. Journal of Agricultural and Food Chemistry., 50, 2891-2899.

Jreiji, R., Blaise, A. (2009). The interaction of irrigation and of canopy height on the evolution of amino acids and biogenic amines of *Vitis vinifera* L. cv. Grenache noir during the maturation of the berries. 32nd World Congress of Vine and Wine. June July 2009, Zagreb, Croatia.

Niculcea, M., Martinez-Lapuente, L., Guadalupe, Z., Sanchez-Díaz, M., Morales, F., Ayestaran, 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.

Spayd, S.E., Andersen-Bagge, J. (1996). Free amino acid composition of grape juice from 12 'Vitis vinifera' cultivars in Washington. American Journal of Enology and Viticulture, 47, 389-402.

Valdes, M.E., Vilanova, M., Sabio, E., Benalte, M.J. (2011). Clarifying agents effect on the nitrogen composition in must and wine during fermentation. Food Chemistry, 125, 430-437.

Influencia de diferentes tratamientos de riego sobre la composición volátil de vinos elaborados con las variedades blancas "Cigüente" y "Verdejo"

M. Vilanova[1]*, J. Yuste[2], M.E. Valdés[3], J. Vila-Crespo[4] y J.R. Castel[5].

1 Misión Biológica de Galicia-CSIC, El Palacio, Salcedo, 36143, Pontevedra.
*E-mail: mavilanova@mbg.csic.es
2 Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León, 47071, Valladolid.
3 Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura, 06071, Badajoz.
4 Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias (ETSIA). Univ. de Valladolid. 34004, Palencia.
5 Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Moncada, 46113, Valencia.

Resumen

En este trabajo se han estudiado los efectos de diferentes tratamientos de régimen hídrico sobre la composición aromática de los vinos elaborados con uva de las variedades blancas Cigüente (en Badajoz) y Verdejo (en Valladolid). Los tratamientos de riego estudiados para Cigüente fueron: CiNR (no regado), CiPR (déficit preenvero, regado al 25% hasta envero y después al 75%), CIPO (déficit postenvero. 75% hasta envero y después al 25%) y CiT (riego máximo durante toda la temporada). Para Verdejo los tratamientos de riego fueron VeNR (no regado), VeRS (riego al 50% del testigo hasta vendimia) y VeT (testigo, 50% ETo, riego máximo). Los mostos obtenidos de las diferentes variedades y tratamientos se sulfitaron con 50 mg/L de SO_2, se inocularon con la levadura neutra EC1118 (Lallemand) y su fermentación se llevó a cabo a temperatura controlada. La composición volátil de los vinos elaborados a partir de cada tratamiento fue analizada mediante GC-MS. Se identificaron y cuantificaron 42 compuestos en Verdejo y 36 en Cigüente, que se agruparon en ocho familias aromáticas: alcoholes superiores, alcoholes en C6, ésteres, acetatos, ácidos, fenoles, lactonas y compuestos carbonilados. A nivel global no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos de riego en ninguna de las variedades de estudio, sin embargo se observó una tendencia al aumento de concentración en los tratamientos no regados (NR). En el análisis por familias de compuestos volátiles, se hallaron pocas diferencias significativas entre tratamientos. En el caso de Cigüente, se observó un efecto significativo del riego sobre las familias de lactonas y compuestos carbonilados, ambas familias representadas por un único compuesto volátil (γ-butirolactona y acetoina respectivamente). Por otra parte, en Verdejo los tratamientos de riego únicamente tuvieron influencia significativa sobre la familia de fenoles volátiles, representada por dos compuestos (4-vinilgüaiacol y 4-vinilfenol). En ambos casos, Verdejo y Cigüente, la mayor concentración de estas familias de compuestos volátiles fue observada en los tratamientos no regados (NR). En general, en el resto de las familias de compuestos volátiles analizadas no se observaron diferencias significativas, aunque se observó una tendencia hacia una mayor concentración en los tratamientos no regados (NR).

Palabras clave: aromas, estado hídrico, secano, variedad blanca, vino.

INTRODUCCIÓN

Es sabido que el estrés hídrico afecta al crecimiento vegetativo y reproductivo de los cultivos (Bradford y Hsiao, 1982). El control de la cantidad de agua aplicado al viñedo ha sido utilizado como un método para disminuir el rendimiento y mejorar la calidad en los vinos. Numerosos estudios indican que un déficit hídrico en el viñedo produce cambios significativos en la composición química de la uva, que como consecuencia afecta a la calidad del vino (Jackson y Lombard, 1993; Reynolds y Naylor, 1994; Ferreyra et al., 2003).

La técnica de riego deficitario controlado (Dry et al., 2001) ha sido utilizada como una herramienta práctica para controlar la calidad de las bayas para la producción de vino. Esta técnica implica la aplicación de períodos de estrés después del cuajado hasta el envero, con el fin de intentar controlar el tamaño de la baya, lo que puede suponer un aumento en los componentes responsables del color y del aroma del vino. La mayor parte de estos estudios han sido realizados en variedades tintas por lo que hay pocos antecedentes que permitan demostrar los beneficios de esta técnica en variedades blancas.

El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de diferentes niveles de reposición hídrica sobre la composición y la calidad del vino en dos variedades blancas cultivadas en España: Cigüente y Verdejo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Características de las parcelas

El experimento se realizó durante la temporada 2012 con dos variedades y en dos zonas vitícolas de España: Cigüente (**Ci**, sinónimo Doña Blanca, en Lobón, Badajoz), y Verdejo (**Ve**, en Medina del Campo, Valladolid). En ambos casos, se trata de viñedos conducidos en espaldera, mediante posicionamiento vertical de la vegetación, podados en cordón Royat bilateral y sometidos a similares prácticas de cultivo. En cada localización, la fertilización nitrogenada fue idéntica para todos los tratamientos. Los suelos en ambos lugares son de tipo calcáreo, de reacción alcalina y de mediana a alta capacidad de almacenamiento de agua, aunque en Badajoz la profundidad del suelo es inferior a 1 m.

Tratamientos de régimen hídrico

Las variables climáticas se midieron en estaciones agrometeorológicas automáticas ubicadas en la parcela experimental o en su vecindad, y con ellas se calculó la evapotranspiración de referencia (ETo) mediante la ecuación de Penman-Monteith, según Allen et al. (1998). La evapotranspiración del cultivo (ETc) se estimó como producto de ETo y del coeficiente de cultivo (Kc). El riego se aplicó por goteo con 1-2 emisores auto-compensados por cepa. La cantidad de agua aplicada se midió mediante contadores volumétricos en cada parcela elemental. Los tratamientos de riego aplicados al viñedo se detallan en la Tabla 1.

En todos los casos el diseño estadístico fue de bloques completos al azar con tres o cuatro repeticiones por tratamiento y un mínimo de 20 cepas de muestreo por repetición. El estado hídrico de las plantas se evaluó mediante la medida del potencial hídrico de tallo (Ψs) 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 seis plantas por tratamiento y dos hojas por planta.

Tabla 1. Tratamientos de riego aplicados al viñedo en las variedades Cigüente y Verdejo.

Variedad	Tratamiento	Variedad y Descripción
Cigüente	CiT	Testigo. Riego toda la temporada al 100% de la ETc potencial = 0,6-0,7 ETo
	CiPR	Riego deficitario Preenvero. 25%ETc hasta envero y después al 75%ETc
	CiPO	Riego deficitario Postenvero. 75%RTc hasta envero y después al 25%ETc
	CiNR	No regado. Secano.
Verdejo	VeT	Testigo. Riego al 100% de la ETc potencial = 0,5 ETo desde preenvero.
	VeRS	Riego al 50% del testigo desde preenvero.
	VeNR	No regado. Secano.

Microvinificaciones

En ambas localizaciones y para los tratamientos de estudio se recolectaron las uvas en similar estado de maduración y se prensaron. Los mostos obtenidos se sulfitaron con 50 mg/L de SO_2, se inocularon con la levadura neutra EC1118 (Lallemand) y su fermentación se llevó a cabo a temperatura controlada. Todas las microvinificaciones se realizaron por triplicado.

Análisis de compuestos volátiles en vino

La extracción se realizó siguiendo la metodología descrita por Vilanova et al. (2010). En 8 mL de muestra de vino se añadieron 10 µL de una solución de etanol a 220 mg/L de padrón interno (4-nonanol) y 400 µL de diclorometano. Después de agitar durante 15 min., la mezcla se enfrió a 0 ºC durante 10 min., recogiendo el extracto en un vial con pipeta Pasteur. El análisis se realizó por inyección de 3 µL de muestra (modo *splitless* durante 15 s). Los compuestos volátiles fueron analizados en un cromatógrafo de gases GC Agilent 6890N acoplado a un espectrómetro de masas MS 5975C, equipado con un inyector 7683. Fue usada una columna VF-Wax MS CP-52 (60 m x 0,25 mm i.d., df: 0,25 µm) de Agilent. La temperatura de la columna fue: 50ºC, durante 5 min., después programada desde 50ºC hasta 220ºC, a 3ºC /min., y finalmente mantenida a 220ºC durante 15 min. Se utilizó helio 55 como gas portador, a un caudal de 1 mL/min. (125 kPa a cabeza de columna). La identificación fue realizada comparando los espectros de masas y los tiempos de retención con los de las sustancias puras. Todos los compuestos fueron cuantificados como equivalentes de 4-nonanol.

Análisis de datos

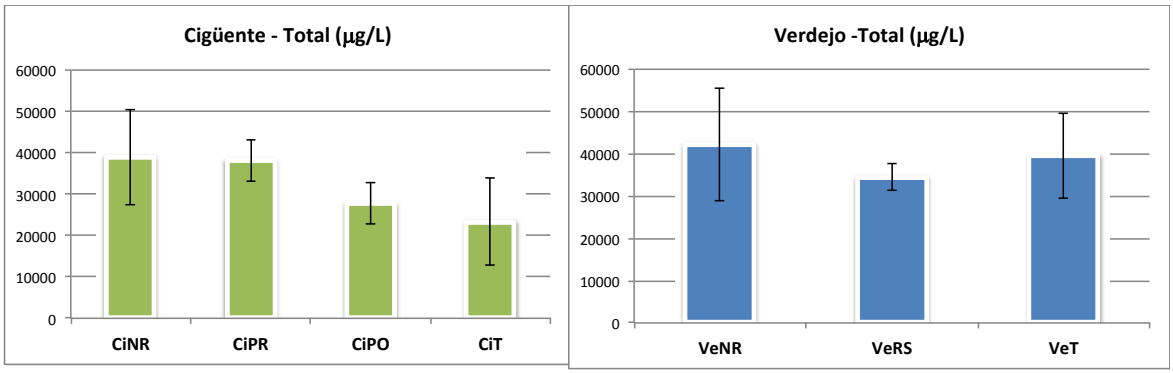
Para cada variedad, se realizó un análisis de varianza (ANOVA). Se realizó también el test de Dunnett para establecer diferencias entre tratamientos frente al testigo. Para todos los análisis se ha empleado el paquete estadístico XLSTAT.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este estudio se identificaron y cuantificaron 42 compuestos volátiles en el vino elaborado con la variedad Verdejo y 36 en vino de Cigüente, que fueron agrupados en ocho familias aromáticas: alcoholes superiores, alcoholes en C6, ésteres, acetatos, ácidos, fenoles, lactonas y compuestos carbonilados.

La composición total de los vinos (Figura 1), como suma de todos los compuestos volátiles cuantificados, no mostró diferencias significativas entre los tratamientos de riego en ninguna de las variedades de estudio, sin embargo se observó una tendencia al

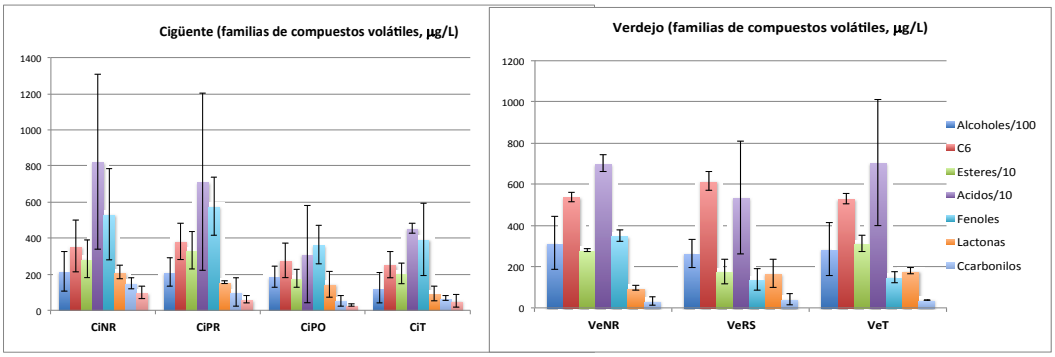
aumento de la concentración global en los tratamientos NR. En los vinos elaborados con la variedad Cigüente el menor valor de composición volátil se encontró en los vinos CiT, sin embargo en la variedad Verdejo este valor fue mínimo para los vinos VeRS.



Cigüente: CiNR (no regado), CiPR (deficit preenvero, regado al 25% hasta envero y después al 75%), CiPO (déficit postenvero. 75% hasta envero y después al 25%) y CiT (riego máximo durante toda la temporada). Verdejo: VeNR (no regado), VeRS (riego al 50% del testigo hasta vendimia) y VeT (testigo, 50% ETo, riego máximo).

Figura 1. Composición volátil total de los vinos elaborados con las variedades Cigüente y Verdejo bajo el efecto de diferentes tratamientos de riego.

La familia de compuestos volátiles mayoritaria en los vinos elaborados con ambas variedades fue la de los alcoholes superiores, seguida de acetatos y ácidos (Figura 2).



Cigüente: CiNR (no regado), CiPR (deficit preenvero, regado al 25% hasta envero y después al 75%), CiPO (déficit postenvero. 75% hasta envero y después al 25%) y CiT (riego máximo durante toda la temporada). Verdejo: VeNR (no regado), VeRS (riego al 50% del testigo hasta vendimia) y VeT (testigo, 50% ETo, riego máximo).

Figura 2. Composición volátil por familias de compuestos en los vinos elaborados con las variedades Cigüente y Verdejo bajo el efecto de diferentes tratamientos de riego.

En el análisis de las diferentes familias de compuestos volátiles por variedad, se hallaron pocas diferencias significativas intertratamientos. En el caso de Cigüente, se observó un efecto significativo del riego sobre las familias de lactonas y compuestos carbonilados, ambas familias representadas por un único compuesto volátil (γ-butirolactona y acetoina respectivamente) (Tabla 2).

Por otra parte, en el caso del vino de Verdejo los tratamientos de riego únicamente tuvieron influencia significativa sobre la familia de fenoles volátiles, representada por dos compuestos (4-vinilgüaiacol y 4-vinilfenol) (Tabla 3). En ambos casos, Verdejo y Cigüente, la mayor concentración de estas familias de compuestos volátiles fue observada

en los tratamientos NR. En general, en el resto de las familias de compuestos volátiles analizadas no se observaron diferencias significativas, aunque se observó una tendencia hacia una mayor concentración en los tratamientos no regados (NI).

Otros autores han observado que el vino elaborado con la variedad tinta Merlot producido a partir de plantas con déficit hídrico mostró un aumento en la concentración de vitispirano, β-damascenona, guaiacol, 4-methylguaiacol, 4-ethylguaiacol y 4-vinylguaiacol frente a vinos producidos a partir de plantas bien regadas. El déficit hídrico no tuvo efecto sobre otros compuestos volátiles como esteres o terpenos (Qian et al., 2009). Sin embargo Ferreyra et al. (2003) mostraron que el estrés hídrico no afectaba significativamente la calidad del vino elaborado con la variedad blanca Chardonnay.

Se ha aplicado el test de Dunnett para poder establecer diferencias entre el testigo (CiT) y el resto de tratamientos de riego (CiNR, CiPR y CiPO) en la variedad Cigüente (Tabla 2). Como se ha podido observar, en los vinos de Cigüente únicamente el tratamiento de secano (CiNR) produjo una mayor concentración frente al testigo para las familias de compuestos de fenoles volátiles y de lactonas. Los restantes tratamientos no difirieron respecto al testigo.

Tabla 2. Test de Dunnett aplicado a la composición volátil (en mg/L) de los vinos elaborados a partir de diferentes tratamientos de riego en la variedad Cigüente.

Cigüente	Alcoholes	Alcoholes en C6	Ésteres	Acetatos	Ácidos	Fenoles	Lactonas	C. Carbonilos
CiNR	21.77	0.35	2.84	8.24	5.32	0.21	0.15	0.10
DiPR	21.09	0.38	3.33	7.13	5.78	0.15	0.10	0.06
DiPO	18.64	0.28	1.75	3.11	3.64	0.14	0.05	0.03
CiT	12.36	0.25	2.04	4.56	3.93	0.09	0.07	0.05
Análisis de la varianza (valores de p)								
Tratamien	0.530	0.409	0.112	0.278	0.420	0.057	0.045	0.034
Test de Dunnett								
CiNR vs CiT	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns
DiPR vs CiT	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
DiPO vs CiT	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Test de Dunnett, análisis de las diferencias entre el tratamiento testigo (CiT) y los demás tratamientos (CiNR, DiPR y DiPO) con un intervalo de confianza del 95%; ns: no significativo. Cigüente: CiNR (no regado), CiPR (deficit preenvero, regado al 25% hasta envero y después al 75%), CiPO (déficit postenvero. 75% hasta envero y después al 25%) y CiT (riego máximo durante toda la temporada).

Por último, también se ha aplicado el test de Dunnett a los vinos elaborados con la variedad Verdejo para poder establecer diferencias entre el testigo (VeT) y el resto de tratamientos de riego (VeNR y VeRS) (Tabla 3). En este caso, solo se encontró efecto significativo del tratamiento VeNR frente al testigo en la familia de fenoles volátiles, mostrando mayores valores cuando las cepas no se regaron (VeNR). Por otra parte se mostró un efecto significativo en la familia de los ésteres cuando se compararon los vinos del tratamiento VeRS y el testigo, mostrando mayores valores los vinos elaborados con los tratamientos testigo (VeT, riego máximo).

Tabla 3. Test de Dunnett aplicado a la composición volátil (en mg/L) de los vinos elaborados a partir de diferentes tratamientos de riego en la variedad Verdejo.

Verdejo	Alcoholes	Alcoholes en C6	Ésteres	Ácidos	Fenoles	Lactonas	C. Carbonilos
VeNR	31.45	0.54	2.80	7.00	0.35	0.10	0.03
VeRS	26.41	0.61	1.77	5.35	0.14	0.17	0.04
VeT	28.43	0.53	3.14	7.06	0.15	0.18	0.04
Análisis de la varianza (valores de p)							
Tratamiento	0.089	0.941	0.092	0.742	0.019	0.566	0.897
Test de Dunnett							
VeNR vs VeT	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
VeRS vs VeT	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns

Test de Dunnett, análisis de las diferencias entre el tratamiento testigo (VeT) y los demás tratamientos (VeNR y VeRS) con un intervalo de confianza del 95%; ns: no significativo. Verdejo: VeNR (no regado), VeRS (riego al 50% del testigo hasta vendimia) y VeT (testigo, riego máximo).

CONCLUSIONES

En este estudio los diferentes tratamientos de riego aplicados a las variedades Cigüente y Verdejo no mostraron una gran influencia en la composición volátil de los vinos elaborados. El vino elaborado con la variedad Cigüente fue afectado únicamente en las familias de lactonas y compuestos carbonilados. En el caso del vino de Verdejo, los tratamientos de riego únicamente tuvieron influencia significativa sobre la familia de fenoles volátiles. En ambos vinos, Verdejo y Cigüente, la mayor concentración de estas familias de compuestos volátiles fue observada en los tratamientos no regados (NR). En general, el resto de las familias de compuestos volátiles analizadas no difirieron significativamente del testigo aunque se observó una tendencia hacia una mayor concentración en los tratamientos no regados (NR).

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con el proyecto INIA RTA2011-00100-C05.

Referencias

Bradford, K.J., Hsiao, T.C. (1982). Physiological response to moderate water stress. 747 p. *In* O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond, and H. Ziegler (eds.). Physiologycal Plant Ecology II. Springer -Verlag, Berlin, Germany.

Dry, P.R., Loveys, B.R., Mccarthy, M.G., Stoll M. (2001). Strategic irrigation management in Australian vineyards. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, 35, 129-139.

Ferreyra, R., Sellés, G., Ruiz, R., Sellés, I. (2003). Efecto del estrés hídrico aplicado en distintos periodos de desarrollo de la vid cv. Chardonnay en la producción y la calidad del vino. Agricultura Técnica, 63(3), 277-286.

Jackson, D., Lombard, P. (1993). Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality. A review. Am. J. Enol. Vitic., 44, 409-430.

Qian, M.C., Fang, Y., Shellie, K. (2009). Volatile composition of Merlot wine from different vine water status. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 57, 7459-63.

Reynolds, A., Naylor, A. (1994). Pinot noir and Riesling grapevines respond to water stress duration and soil water-holding capacity. HortScience, 29, 1505-1510.

Vilanova, M., Genisheva, Z., Masa, A., Oliveira, J.M. (2010). Correlation between volatile composition and sensory properties in Spanish Albariño wine. Microchemical J., 95, 240-246.

Efectos del secado parcial de raíces (PRD) y del riego deficitario controlado (RDC) sobre la calidad de la uva Monastrell

P. Romero*, F. del Amor, J.I. Fernández-Fernández, A. Martínez-Cutillas y R. Gil-Muñoz.

Departamento de Viticultura, IMIDA, c/Mayor s/n, 30150, La Alberca (Murcia). *E-mail: pascual.romero@carm.es

Resumen

En este estudio se evaluaron durante 7 años los efectos del riego deficitario controlado (RDC) y el secado parcial de raíces (PRD) sobre la producción y la calidad de la uva Monastrell en las condiciones semiáridas del sureste español. PRD-1 y RDC-1 recibieron volúmenes moderados de agua: 191 mm/año (en 2006-2008) y 110 mm/año (en 2009-2012) y PRD-2 y RDC-2 recibieron volúmenes más bajos de agua: 144 mm/año (2006-2008) y 90 mm/año (2009-2012). Estos tratamientos fueron comparados con un riego deficitario sostenido (RDS) regado al 60% ETc (308 mm/año) durante todo el ciclo del cultivo (en 2006-2008) y al 40% ETc (211 mm/año) (en 2009-2012). Las estrategias de riego deficitario (PRD y RDC) redujeron la producción entre un 30 y un 52%, e incrementaron la eficiencia productiva en el uso del agua (kg/m^3) entre un 13 y un 19% comparado con el RDS. Además los tratamientos deficitarios incrementaron la concentración final de polifenoles totales, antocianos y flavonoles en el mosto, alterando también en determinados años su composición y características cromáticas. Por otro lado, el tratamiento PRD-1 incrementó el tamaño de la baya y la producción de uva en torno a 700 kg por ha y año comparado con el RDC-1. Además acumuló más solutos totales por baya (incluyendo antocianos), alterando también en algunos años la composición de antocianos y las características cromáticas del mosto comparado con el RDC-1 (regado con el mismo volumen de agua). Por otro lado, la respuesta productiva y la concentración final de antocianos y polifenoles en las uvas en los tratamientos menos regados (PRD-2 y RDC-2) fue similar, aunque ocasionalmente hubo también una mayor acumulación de aminoácidos, azúcares, fenoles totales y flavonoles en las bayas del PRD-2 así como cambios significativos en la composición de aminoácidos, antocianos y flavonoles y en las características cromáticas del mosto comparado con el RDC-2. Una interacción significativa del volumen de agua y el sistema de riego fue observada en algunos parámetros productivos y de calidad tecnológica y polifenólica.

Palabras clave: riego deficitario, calidad de uva, Monastrell, flavonoides.

INTRODUCCIÓN

El riego deficitario controlado (RDC) y el secado parcial de raíces (PRD) son dos técnicas de riego que están siendo aplicadas en numerosos cultivos de todo el mundo, incluida la vid, con el propósito de alterar la fisiología de la planta y explotar eficientemente las señales hidráulicas y químicas para obtener beneficios agronómicos de interés comercial como pueden ser: controlar un excesivo vigor, incrementar la calidad del fruto, ahorrar agua y mejorar la eficiencia en el uso del agua (Santos et al., 2007). Recientemente, Romero et al. (2012; 2014) mostraron en plantas adultas de vid (*Vitis*

vinifera cv. Monastrell) cultivadas en condiciones de campo, que el PRD indujo una respuesta fisiológica distinta a un RDC aplicando la misma cantidad de agua y la misma estrategia de riego y que esta respuesta fue debida tanto al sistema de riego empleado como al volumen de agua aplicado y a su interacción. Sin embargo, no se ha evaluado todavía si estos efectos fisiológicos diferentes inducidos por el PRD alteran la respuesta productiva y la calidad de la uva y el vino comparado con un RDC. El objetivo principal de este trabajo fue 1) analizar si el PRD produce efectos más beneficiosos para la producción y calidad de la uva Monastrell que un RDC convencional regado con el mismo volumen de agua y 2) evaluar si estas técnicas de riego deficitario (PRD y RDC) mejoran la calidad de la uva comparado con un riego deficitario sostenido (RDS) regado entre el 60% y el 40% de la ETc durante todo el ciclo del cultivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio fue realizado durante el período 2006-2012 en un viñedo experimental de 11 años de edad de la variedad Monastrell (sin. Mourvedre) sobre patrón 1103P y de 1 ha de extensión. La densidad de plantación fue de 3200 vides por ha. El suelo de la parcela es de textura arcillosa (48% arcilla, 30% limo, y 22% arena). El clima es mediterráneo semiárido con una escasa precipitación anual (<300 mm/año) y una evapotranspiración de referencia anual del cultivo (ETo) de alrededor de 1200 mm. Los tratamientos de riego y la cantidad de agua aplicada anual durante el período experimental se muestran en la Tabla 1. En el tratamiento de riego deficitario sostenido (RDS), regado al 60% o al 40% de la ETc durante todo el ciclo del cultivo, se intentó minimizar el estrés hídrico durante todo el ciclo fenológico y nos sirvió también de control. La ETo fue calculada semanalmente usando el método de Penman Monteith-FAO y con los datos climáticos de los últimos 10-12 años recogidos en una estación climática localizada en la misma finca experimental. La evapotranspiración del cultivo (ETc = ETo x Kc) fue estimada usando los siguientes coeficientes del cultivo (Kc): 0,35 en Abril, 0,45 en Mayo, 0,52 en Junio, 0,75 en Julio, 0,70 en agosto, 0,60 en Septiembre y 0,45 en Octubre. Para la aplicación del agua se utilizó un gotero autocompensante por planta de 4 l/h, en una sola línea portagoteros para el RDC y el RDS y en dos líneas portagoteros para el PRD. El riego fue aplicado por la noche entre 3 y 5 veces por semana dependiendo del período fenológico. El diseño experimental consistió en cuatro réplicas por tratamiento en un sistema de bloques completos al azar. Cada réplica consistió en 164 vides. En el RDC y RDS el agua fue aplicada simultáneamente a ambos lados del sistema radicular. En el PRD el agua fue aplicada alternativamente (cada 14-15 días) a un solo lado del sistema radicular mientras el otro lado permanecía seco. El tratamiento de PRD fue aplicado durante todo el ciclo fenológico (Abril-Octubre) y para aplicar la misma cantidad de agua en PRD que en RDC el tiempo de riego fue el doble en PRD-1 y PRD-2 que en RDC-1 y RDC-2, respectivamente.

En la vendimia, la respuesta productiva fue evaluada cada año en 52 viñas por tratamiento (13 viñas por bloque), calculando la producción por cepa, el número de racimos por cepa, el peso del racimo, el número de bayas por racimo y el peso de la baya. Además cada año en la vendimia se cogieron muestras de uva (750 g) para determinar los distintos parámetros de calidad tecnológica, como son el peso fresco de baya, ºBrix, el pH, la acidez total, el ácido tartárico y el ácido málico. El potencial fenólico de las uvas se determinó por el método de Lamadón y Saint-Cricq y los parámetros CIElab mediante espectrofotómetro (Shimadzu UV 1.603) como está descrito en Romero et al. (2013).

Además en algunos años, se llevaron a cabo análisis de HPLC-MS en uvas para medir la composición de antocianos (520 nm) y de flavonoles (360 nm) y análisis de UPLC para la composición de aminoácidos (Romero et al., 2013).

Tabla 1. Estrategias de riego deficitario ensayadas durante los 7 años de estudio.

	Período fenológico	**Brotación-cuajado**	**Cuajado-envero**	**Envero-cosecha**	**Post-cosecha**	
		Abril-Mayo	Junio-Julio	Agosto-mitad Sept	mitad Sept-Oct.	Vol. riego
Trat.	Años	%ETC	%ETC	%ETC	%ETC	mm/año
RDS	2006-08	60%	60%	60%	60%	308
RDS	2009-12	40%	40%	40%	40%	211
PRD-1 RDC-1	2006-08	60%	30%	30%	45%	191
PRD-1 RDC-1	2009-12	28%	14%	20%	40%	110
PRD-2 RDC-2	2006-08	60%	15%	15%	45%	144
PRD-2 RDC-2	2009-12	20-10%	0-20%	20%	40%	90

Para discriminar los efectos interactivos del volumen de agua aplicado (alto vs. bajo) y del sistema de riego empleado (PRD vs. RDC) se analizaron los datos con un análisis de la varianza (1 y 2 -ways ANOVA) y las medias fueron separadas mediante el test de rango múltiple de Duncan usando un programa Statgraphics 2.0 Plus software (Statistical Graphics Corp. USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las estrategias de riego deficitario (PRD y RDC) redujeron la producción entre un 30 y un 52%, pero incrementaron la eficiencia productiva en el uso del agua ($kg \cdot m^{-3}$) entre un 13 y un 19% comparado con el RDS (Tabla 2). Algunos parámetros tecnológicos como los ºBrix y la acidez total fueron más altos en el RDS que en los tratamientos deficitarios, mientras el pH fue significativamente más bajo, factores que pueden ser favorables para el proceso de vinificación con el tratamiento de RDS (Tabla 3). Sin embargo, aunque las bayas del RDS acumularon más solutos totales por baya en la cosecha (incluyendo fenoles totales y antocianos, Tabla 4), los tratamientos deficitarios incrementaron la concentración final de polifenoles y antocianos totales en el período de 7 años (Tabla 4) comparado con el RDS, debido principalmente a un mayor efecto de dilución como consecuencia de un mayor tamaño de baya en RDS (Tabla 2) y a una menor facilidad de extracción de compuestos fenólicos (Mayor EA, Tabla 4). Además los tratamientos de riego deficitario (principalmente PRD-1, RDC-1 y PRD-2, Tabla 5) alteraron también en determinados años la composición de antocianos y flavonoles de las uvas, incrementando los derivados de malvidina (principalmente 3 monoglucósidos) (Tabla 5) y derivados de quercetina, respectivamente (datos no mostrados) y alterando también las características cromáticas del mosto (menor valor de *a*, b*, C*, L**) (Tabla 4). Un incremento de polifenoles y antocianos en vides sometidas a riego deficitario y cambio similares en su composición han sido también observados en diferentes variedades de vid (Castellarin et al., 2007; Santesteban et al., 2011).

Tabla 2. Valores medios de los parámetros productivos obtenidos en los 7 años de experimento (2006-2012) para cada tratamiento de riego en la vendimia.

Parámetros	RDS	PRD-1	RDC-1	PRD-2	RDC-2	ANOVA	VA	SR	VAxSR
Producción ($kg \cdot cepa^{-1} año^{-1}$)	4,40a	3,06b	2,85b	2,13c	2,18c	***	***	ns	ns
Producción ($kg \cdot ha^{-1} año^{-1}$)	14,08a	9,80b	9,11b	6,82c	6,96c	***	***	ns	ns
Nº de racimos por cepa	18,61a	17,12b	16,32c	15,41d	15,27d	***	***	ns	ns
Peso medio del racimo (g)	234a	177b	171b	133c	140c	***	***	ns	ns
Peso de baya (g)	1,52a	1,26b	1,17c	1,02d	1,06d	***	***	ns	*
Nº de bayas·racimo^{-1}	154a	139bc	143ab	128c	129bc	**	***	ns	ns
Eficiencia productiva en el uso del agua ($kg \cdot m^{-3} año^{-1}$)	5,51a	6,58b	6,21b	6,31b	6,36b	**	ns	ns	ns

Para cada fila, valores con letras distintas son significativamente diferentes según el test de rango múltiple de Duncan al 95% de intervalo de confianza. n.s. no significativo. * P < 0,05. ;** P < 0,01. *** P < 0,001. VA: volumen de agua; SR: Sistema de riego; VAxSR: Interacción.

Tabla 3. Valores medios de los parámetros de calidad tecnológica obtenidos en los 7 años de experimento (2006-2012) para cada tratamiento de riego.

Parámetros	RDS	PRD-1	RDC-1	PRD-2	RDC-2	ANOVA	VA	SR	VAxSR
Intensidad de color (IC)	6,47b	6,59b	7,21a	6,98a	6,58b	***	ns	ns	**
º Brix	22,65a	22,28b	22,28b	22,12c	21,80d	***	*	ns	ns
Solutos totales Por baya (g)	0,35a	0,28b	0,26c	0,23d	0,23d	***	***	ns	*
Acidez total ($g \cdot L^{-1}$)	3,01a	2,93b	2,90b	2,88b	2,93b	***	ns	ns	ns
Ácido málico ($g \cdot L^{-1}$)	1,53b	1,42a	1,41a	1,54b	1,53b	**	**	ns	ns
pH	4,00a	4,05b	4,08c	4,13d	4,09c	***	***	ns	***

Para cada fila, valores con letras distintas son significativamente diferentes según el test de rango múltiple de Duncan al 95% de intervalo de confianza. n.s. no significativo. * P < 0,05. ;** P < 0,01. *** P < 0,001. VA: volumen de agua; SR: Sistema de riego; VAxSR: Interacción.

Por otro lado, las vides regadas con el tratamiento PRI-1 tuvieron un mayor tamaño de baya (en torno a un 6%) y un mayor número de racimos por cepa, incrementando la producción de uva en torno a 700 kg por ha y año comparado con las vides regadas con el RDC-1 (Tabla 2). Además el PRD-1 acumuló más solutos totales por baya (incluyendo antocianos, Tabla 4), incrementó la concentración final de antocianos totales y alteró también su composición comparado con el RDC-1 (regado con el mismo volumen de agua), con un aumento principalmente en los derivados monoglucósidos de malvidina dando un valor nutricional y más saludable añadido en las uvas del PRD-1 (Tabla 5). Las características cromáticas del mosto (medida por los parámetros CIElab) mostraron también en PRD-1 un aumento del color rojo detectable (mayor a*, lo que indicaría una mayor contribución de los antocianos totales al color rojo del vino), una

disminución de la componente azul (mayor b*) un aumento de la pureza y viveza del color (mayor C*) y una mayor luminosidad (mayor L*) comparado con RDC-1 (Tabla 4). Un sistema radicular más extenso y profundo unido a una mayor capacidad de extracción de agua y un mayor desarrollo de área foliar en el PRD-1, estimuló mayores tasas de intercambio gaseoso (fotosíntesis) e incrementó probablemente el transporte de agua al fruto y la síntesis y acumulación de azúcares y metabolitos secundarios durante el período de maduración comparado con un RDC (Romero y Martínez-Cutillas, 2012; Romero et al., 2014). Sin embargo una menor facilidad de extracción de polifenoles (mayor EA, Tabla 4) y un mayor efecto de dilución (debido a un mayor tamaño de baya, Tabla 2) también se observó en el PRD-1 y podría explicar la disminución en los polifenoles extraíbles y en la intensidad de color comparado con el RDC-1 (Tablas 3 y 4).

Tabla 4. Valores medios del contenido polifenólico y de los parámetros cromáticos de la uva y el mosto obtenido en los 7 años de experimento (2006-2012) para cada tratamiento de riego.

Parámetros	RDS	PRD-1	RDC-1	PRD-2	RDC-2	ANOVA	VA	SR	VAxSR
Antocianos totales ($mg \cdot L^{-1}$)	672c	755a	725b	726b	714b	***	ns	ns	ns
Antocianos extraíbles ($mg \cdot L^{-1}$)	394a	437b	445b	445b	444b	***	ns	ns	ns
Polifenoles extraíbles	44a	47b	50c	52c	51c	***	*	ns	*
Extractabilidad de antocianos (EA)	41a	41a	38b	37b	37b	***	*	ns	*
CFT* ($mg \cdot baya^{-1}$)	8,11a	6,80b	6,55bc	6,14d	6,38cd	***	*	ns	ns
CFT* ($g \cdot kg^{-1}$ peso fresco de uva)	5,06a	5,10a	5,36ab	5,57b	5,69b	**	**	ns	ns
Antocianos totales ($mg \cdot baya^{-1}$)	1,04a	0,97b	0,86c	0,76d	0,77d	***	***	ns	*
Antocianos totales ($g \cdot kg^{-1}$ peso fresco de uva)	0,63b	0,63b	0,64b	0,65b	0,69a	***	**	*	ns
Flavonoles ($mg \cdot kg^{-1}$)*	41,12a	52,96b	46,42ab	67,53c	47,39ab	***	ns	*	ns
Aminoácidos totales* ($\mu mol \cdot L^{-1}$)	1906b	1953b	1379b	2718a	1893b	*	*	*	ns
*a**	45,18a	43,19bc	42,22cd	41,94d	43,77b	***	ns	ns	**
*b**	30,56a	28,63b	26,18c	25,77c	27,25bc	***	ns	ns	**
*C**	54,71a	52,06b	49,82c	49,40c	51,64b	***	ns	ns	**
L	22,53a	19,72b	17,07d	18,02cd	18,52c	***	ns	ns	**

Para cada fila, valores con letras distintas son significativamente diferentes según el test de rango múltiple de Duncan al 95% de intervalo de confianza. n.s. no significativo. * P < 0,05;** P < 0,01. *** P < 0,001; CFT*: Concentración de fenoles totales, promedio de los años 2006, 2007, 2008 y 2009; Aminoácidos totales*: Promedio de los años 2009, 2010 y 2012. Flavonoles* promedios de los años 2007 y 2010. Parámetros CiELab (a*, b* C* y L* (promedio del período 2006-2010). VA: volumen de agua; SR: Sistema de riego; VAxSR: Interacción.

Por otro lado, aunque la respuesta productiva fue similar entre PRD-2 y RDC-2 (Tabla 2), algunos parámetros tecnológicos importantes como la intensidad de color y los ºBrix fueron significativamente incrementados en PRD-2 comparado con el RDC-2 en el

período de 7 años (Tabla 3). Además aunque el contenido polifenólico en las uvas y en el mosto fue similar entre ambos tratamientos (Tabla 4), ocasionalmente la concentración total de antocianos, aminoácidos y flavonoles fue significativamente incrementada en PRD-2 comparado con RDC-2 (Tablas 4 y 5) y su composición alterada en algunos años (por ejemplo antocianos, Tabla 5). Así el PRD-2 incrementó también el contenido de aminoácidos como Arg, gly, Ala e Ile y de flavonoles como los derivados quercetina (datos no mostrados). No obstante, globalmente, los parámetros CIElab mostraron una reducción significativa del color rojo detectable y una menor pureza del color del mosto en PRD-2 comparado con el RDC-2 (menor a* y C*) (Tabla 4).

Tabla 5. Concentración y composición de diferentes clases de antocianos para cada tratamiento en las cosechas del 2007 y 2009.

	Antocianos ($mg \cdot kg^{-1}$ peso fresco de uva)					
	RDS	PRD-1	RDC-1	PRD-2	RDC-2	ANOVA
	2007					
3-monoglucósidos	268,76 a	451,19 c	384,33 bc	515,94 d	297,73 b	***
3-acetilglucosidos	48,19 a	65,19 bc	68,38 bc	79,00 c	55,14 ab	***
3-cumarilglucosidos	97,98 a	156,65 c	139,62 bc	184,46 d	121,14 ab	***
Antocianos totales	414,93 a	673,03 b	592,33 b	784,40 c	474,01 a	***
	2009					
3-monoglucósidos	276,40b	383,53a	296,83b	193,74c	150,68c	***
3-acetilglucosidos	35,84bc	48,01a	40,93b	33,62c	35,06c	***
3-cumarilglucosidos	54,06ab	61,87a	52,87ab	37,34c	45,82bc	***
Antocianos totales	366,29b	493,41a	390,63b	264,71c	231,56c	***

Para cada fila, valores seguidos por letras distintas son significativamente diferentes según el test de rango múltiple de Duncan al 95% de intervalo de confianza. *** $P < 0,001$.

Aunque el volumen de agua tuvo un efecto más significativo que el sistema de riego empleado en la producción y calidad de la uva Monastrell, la interacción significativa observada entre el volumen de agua y el sistema de riego en algunos parámetros productivos (peso de baya, Tabla 2) y de calidad tecnológica (IC, solutos totales y pH, Tabla 3) y polifenólica (polifenoles extraíbles, EA, contenido de antocianos totales, y parámetros cromáticos Tabla 4) indican que la respuesta productiva y cualitativa de la variedad Monastrell al PRD dependió de forma importante del volumen de agua aplicado en la zona húmeda y de la disponibilidad total de agua en el suelo.

CONCLUSIONES

Mientras el RDS mantuvo altas producciones y mejoró la calidad tecnológica de la uva (más º Brix, solutos totales y acidez total y menor pH en el período de 7 años), los tratamientos deficitarios (PRD y RDC) redujeron substancialmente la producción pero incrementaron la eficiencia en el uso del agua y mejoraron el color, el contenido polifenólico (antocianos y flavonoles) y las características cromáticas de la uva y el mosto, incrementando también el valor nutricional y saludable del fruto. Además el PRD-1 fue el tratamiento de riego deficitario más efectivo, ya que produjo más uva por hectárea (9.802 $kg \cdot ha^{-1} año^{-1}$ en el periodo de 7 años) con un mayor contenido polifenólico.

Referencias

Castellarin, S.D., Pfeiffer, A., Sivilotti, P., Degan, M., Peterlunger, E., Di Gaspero, G. (2007). Transcriptional regulation of anthocyanin biosynthesis in ripening fruits of grapevine under seasonal water deficit. Plant Cell and Environment, 30, 1381-1399.

Romero, P., Dodd, I.C., Martínez-Cutillas, A. (2012). Contrasting physiological effects of partial root zone drying in field grown grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. Monastrell) according to total soil water availability. Journal of Experimental Botany, 63, 4071-4083.

Romero, P., Martínez-Cutillas, A. (2012). The effects of partial root-zone irrigation and regulated deficit irrigation on the vegetative and reproductive development of field-grown Monastrell grapevines. Irrigation Science, 30, 377-396.

Romero, P., Gil-Muñoz, R., del Amor, F., Valdés, E., Fernández, J.I., Martínez-Cutillas, A. (2013). Regulated deficit irrigation based upon optimum water status improves phenolic composition in Monastrell grapes and wines. Agricultural Water Management, 121, 85-101.

Romero, P., Pérez-Pérez, J.G., del Amor, F., Martínez-Cutillas, A., Dodd, I.C., Botía, P. (2014). Partial root zone drying exerts different physiological responses on field-grown grapevine (*Vitis vinifera* cv. Monastrell) in comparison to regulated deficit irrigation. Functional Plant Biology, (in Press) http://dx.doi.org/10.1071/FP13276.

Santesteban, L.G., Miranda, C., Royo, J.B. (2011). Regulated deficit irrigation effects on growth, yield, grape quality and individual anthocyanin composition in Vitis vinifera L. cv. Tempranillo. Agricultural Water Management, 98, 1171-1179.

Santos, T.P., Lopes, C.M., Rodrigues, M.L., de Souza, C.R., Ricardo-da-Silva, J.M., Maroco, J.P., Pereira, J.S., Chaves, M.M. (2007). Effects of deficit irrigation strategies on cluster microclimate for improving fruit composition field-grown grapevines. Scientia Horticulturae, 112, 321-330.

Respuesta agronómica de la variedad *Moscatel de Alejandría* al riego en clima mediterráneo

I. Buesa*, D. Pérez, J. Castel, L. Bonet, D.S. Intrigliolo y J.R. Castel.

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Apartado Oficial 46113, Moncada (Valencia). *E-mail: buesa_ign@gva.es

Resumen

Cuatro diferentes estrategias de riego se estudiaron durante 2012 y 2013 en un viñedo adulto de uva blanca de la variedad Moscatel de Alejandría/161-49C regado por goteo en Villamarchante (Valencia): Testigo, cepas regadas al 100% de la evapotranspiración del cultivo (ET_c) desde que el potencial hídrico de tallo (Ψ_{tallo}) alcanzó -0.65 MPa hasta final de campaña; Riego Deficitario Sostenido (RDS), regado al 50% del Testigo durante toda la campaña; Déficit pre-envero (DPre), retraso del inicio del riego durante la primavera hasta alcanzar -1.0 MPa de Ψ_{tallo}; Déficit post-envero (DPost), regado como el Testigo hasta envero, posteriormente al 25% de la ET_c hasta vendimia. La producción se redujo en el DPre en ambas campañas y en todos los tratamientos deficitarios en 2013 respecto del Testigo (por disminución de la fertilidad y del peso de racimo). Únicamente el DPre en 2012 redujo el peso de baya (-14%) que fue acompañado de un incremento en los sólidos solubles totales. No obstante, las diferencias en la composición química de la uva entre tratamientos fue mínima, con ligera tendencia a aumento de la acidez titulable al hacerlo el volumen de riego. El crecimiento vegetativo fue significativamente mayor en el Testigo que en el resto de tratamientos (incrementos significativos del área foliar y del peso de poda). Por todo ello, bajo las condiciones de escasez de recursos hídricos de la zona de ensayo, la estrategia de riego más conveniente ha sido el RDS, pues permite incrementar significativamente la eficiencia del uso del agua manteniendo el 87% del potencial productivo de la variedad Moscatel de Alejandría.

Palabras clave: *Vitis vinifera*, riego por goteo, potencial hídrico de tallo, composición de la uva.

INTRODUCCIÓN

La variedad Moscatel de Alejandría es una variedad de uva blanca de *Vitis vinifera* que se cultiva en toda la cuenca Mediterránea desde hace mucho tiempo. Es la variedad principal en las denominaciones de origen de Málaga y Valencia. En esta última las localidades de Cheste, Godelleta y Turís son las que mayor superficie albergan (2.800 ha aprox.). Actualmente se dedica a consumo en fresco, preparación de pasas de uva y a elaborar vinos tanto secos como espumosos, así como para elaboración de licor de vino, la denominada “mistela”.

El riego empieza a ser una técnica de cultivo habitual en la viticultura mediterránea, siendo el principal factor de regulación del estado hídrico de las cepas (Williams y Matthews, 1990), y tiene un efecto esencial sobre la productividad del viñedo y sobre la composición de la uva (Jackson y Lombard, 1993). En líneas generales puede afirmarse que el riego de la vid cuando es aplicado para cubrir la totalidad de sus necesidades hídricas, tiende a incrementar el crecimiento vegetativo, la producción y a

diluir los componentes de calidad de los vinos (Williams y Matthews, 1990). En variedades tintas, hay evidencia de que un déficit hídrico moderado puede reducir ligeramente el rendimiento pero ser beneficioso para algunos parámetros de composición de los vinos (Matthews y Anderson, 1988; Jackson y Lombard, 1993; McCarthy, 1997). En variedades blancas, sin embargo, los experimentos no son tan concluyentes. Por ejemplo, Wample y Smithyman (2002) evaluaron durante seis años el efecto del riego deficitario controlado (RDC) aplicado antes y después del envero en cv. Sauvignon blanc en Columbia (EE.UU) obteniendo que el RDC pre-envero redujo el crecimiento vegetativo, así como el peso de poda. Aunque también afectó el peso de la baya, las reducciones de rendimiento no fueron siempre significativas. El RDC post-envero conllevó un mayor estrés hídrico de las cepas debido a su mayor desarrollo de área foliar. El vino elaborado con uva del RDC pre-envero fue considerado mejor que el del RDC post-envero. También en Sauvignon blanc, Greven et al. (2005) observaron que la aplicación de estrategias de RDC durante dos años en Marlborough (New Zealand) implicaba una reducción del área foliar pero no de ninguno de los componentes del rendimiento, resultando en ahorros del 40% del agua aplicada sin causar diferencias de rendimiento o de composición de la uva. En la variedad Chardonnay cultivada en Chile, Ferreyra et al. (2003) observaron que la escasez de agua disminuía significativamente el crecimiento vegetativo y el rendimiento debido al menor tamaño de baya. También indicaron que la acidez total, el contenido en fenoles o la calidad del vino no aumentaron con el estrés hídrico, mostrando un comportamiento diferente a lo generalmente observado en variedades de uva tinta. En la variedad objeto de este trabajo, en el sur de Portugal, se estudiaron los efectos del RDC y del secado parcial de la zona radicular (De Souza et al., 2003; Dos Santos et al., 2003, 2007) concluyendo que, bajo ambas técnicas de riego, el riego al 50% de la ET_c resultó suficiente para alcanzar todo su potencial productivo.

El objetivo de nuestro trabajo fue profundizar en el conocimiento sobre los efectos de estrategias de RDC aplicadas en diferentes periodos fenológicos sobre el estado hídrico de la planta, los procesos de maduración y composición de la uva de Moscatel de Alejandría, a fin de optimizar el uso del agua de riego y la calidad del mosto para vinificación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación del viñedo y diseño experimental

El ensayo se realizó durante las campañas de 2012 y 2013 en un viñedo comercial (*Vitis vinifera* L. cv. Moscatel de Alejandría) ubicado en el término municipal de Villamarchante (39°33' N, 0°42' O, a 197 m.s.n.m.), Valencia. Se plantó en 1996 sobre el portainjerto 161-49C al marco de 2.75 x 1.8 m (2000 cepas·ha^{-1}). Las cepas se podaron en invierno dejando aproximadamente 20 yemas por planta en sistema de conducción "Doble Cordón Royat" formando una espaldera vertical orientada 23º NO. El manejo del dosel vegetal fue el habitual en la zona y fue realizado por el propietario del viñedo. La altura y anchura final de la espaldera fue de 1.1 y 0.4 m, respectivamente. El suelo de la parcela es de textura franco-arcillosa, calcáreo y de fertilidad media. Tiene una profundidad media de 1.5 a 2 m y elevada capacidad de retención de agua (200 mm·m^{-1}).

La brotación de Moscatel de Alejandría en la zona de estudio habitualmente tiene lugar a mitad de abril, la floración a principios de junio y el envero a principios de agosto;

la vendimia se realiza durante septiembre y la caída de hojas ocurre en diciembre. El clima es mediterráneo semiárido con precipitación anual media de 407 mm, de los cuales solo el 45% acontece durante el periodo vegetativo. Los parámetros meteorológicos se obtuvieron en una estación climatológica automática ubicada a 1.4 km del ensayo, a excepción de la pluviometría que se registró automáticamente en la misma parcela experimental. El cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_o) se realizó con datos horarios empleando la fórmula de Penman-Monteith (Allen et al., 1998).

Tratamientos de riego

A principios de 2012 el sistema de riego por goteo empleado desde 2005 se modificó a fin de poder aplicar cuatro tratamientos diferentes de riego. Los tratamientos estudiados fueron: Testigo, regado al 100% de la ET_c durante toda la campaña (0,4-0,5 ET_o); Riego Deficitario Sostenido (RDS), que se regó al 50% del Testigo durante toda la campaña; y dos tratamientos de Riego Deficitario Controlado (RDC), Déficit Pre-envero (DPre), durante la primavera; y Déficit Post-envero (DPost), durante el verano. El riego del Testigo se inició cuando el potencial hídrico de tallo a medio día solar (Ψ_{tallo}) alcanzó -0,65 MPa. El inicio para el DPre cuando Ψ_{tallo} llegó a -1,0 MPa, a partir de entonces se regó como el Testigo hasta el final de temporada. El tratamiento DPost se regó como el Testigo hasta el envero, momento en el que pasó a regarse al 25% de aquel.

El agua de riego era de calidad adecuada ($CE_{25º}$ 1,07 $dS \cdot m^{-1}$, pH 7,12 y $[Cl^-]$ 2,6 $meq \cdot L^{-1}$). Los emisores de riego eran compensantes de 4 $L \cdot h^{-1}$ espaciados 1 m a lo largo de una única tubería por fila de plantas. El cálculo de las necesidades de riego se ajustaba semanalmente a partir de la ETo y la precipitación de la semana anterior. El riego aplicado fue medido mediante contadores volumétricos para cada repetición. Se fertirrigaron todos los tratamientos con la misma dosis (111-73-214-24 $kg \cdot ha^{-1}$ de N, P_2O_5, K_2O y MgO, respectivamente). El diseño experimental fue de bloques completos al azar con 4 repeticiones (24-47 cepas de medida rodeadas de cepas guarda en todo el perímetro) por tratamiento.

Determinación del estado hídrico de las plantas

El estado hídrico de la plantas se determinó mediante el $\Psi_{tallo.}$ Se realizó semanalmente desde mayo a octubre mediante una cámara de presión tipo Scholander en hojas embolsadas de 4 cepas por repetición entre las 11:30 y 12:30 hora solar. Las hojas seleccionadas eran adultas, de la cara oeste y se embolsaron en bolsas plásticas de cierre hermético recubiertas de papel de aluminio por lo menos 1 hora antes de ser cortadas.

Determinación del rendimiento y del crecimiento vegetativo

La producción, número de racimos por cepa y el peso medio del racimo fue determinado en vendimia (20-22º Brix aprox.) en cada cepa experimental. El peso fresco y el peso seco de baya se determinaron periódicamente en muestras de 250 bayas por repetición, tomadas al azar (2-3 bayas de cada cepa experimental) desde mediados de junio hasta cosecha. El Área Foliar (AF) por cepa se determinó tras el envero, cuando los pámpanos cesaron su crecimiento, en 8 cepas seleccionadas por repetición. El AF se estimó por relaciones alométricas entre el área foliar por pámpano (Y, cm^2) y la longitud del pámpano (X, cm), diferenciando entre principales y secundarios. Estas relaciones se obtuvieron de muestras de 20 pámpanos de diferentes longitudes. Asimismo, en esas 8 cepas por repetición se determinó el peso de poda y se calcularon los ratios entre el área foliar y la producción (AF/Prod.) y entre la producción y el peso de poda (Prod./Poda o

Índice de Ravaz). La Eficiencia en el Uso del Agua (EUA) se estimó como el ratio entre la producción y la lluvia más el riego aplicado a cada repetición.

Composición de la uva

Los componentes del mosto se determinaron en sub-muestras de 250 g de las mismas muestras tomadas para peso de baya. Las bayas se trituraron con una mezcladora "Thermomix" y se prensaron a mano sobre un colador metálico. Los Sólidos Solubles Totales (ºBrix) se determinaron mediante refractometría. El pH del mosto y la acidez titulable (AT, por titulación con NaOH, expresado en equivalentes de ácido tartárico) se determinaron en un multi-titulador automático. La concentración de ácidos Málico y Tartárico se determinó por métodos colorimétricos usando un analizador secuencial automático "Systea Easychem Plus". Todas las determinaciones analíticas en mostos se realizaron por duplicado.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante el análisis de varianza utilizando el paquete estadístico SAS (versión 9.0; SAS Institute, Cary, NC).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Climatología y relaciones hídricas

Los resultados corresponden a dos campañas de climatología muy dispar. La precipitación en la de 2012 (del 1 de octubre al 30 de septiembre) fue de 280,6 mm, mientras que en la de 2013 de 369,1 mm. Durante el periodo de crecimiento activo (de abril a septiembre), fue de 168 mm frente a los 281,5 mm en la de 2013. La ET_o del periodo de crecimiento fue de 933,4 mm y 829,5 mm respectivamente.

Los volúmenes de riego aplicado acumulados durante cada campaña se muestran en la Tabla 1. Dichos volúmenes representaron ahorros medios respecto al Testigo del 46, 39 y 25% para el RDS, DPre y Dpost respectivamente.

La evolución temporal del Ψ_{tallo} (Figura 1) muestra que el estado hídrico de las cepas respondió claramente a los diferentes tratamientos de riego impuestos en ambas campañas. El Testigo presentó un mejor estado hídrico durante ambas campañas que el resto de tratamientos, alcanzando un valor mínimo de -0,98 MPa (día del año, DA, 234) en 2012 y de -0,78 MPa (DA 189) en 2013. El RDS, en general, mantuvo valores intermedios entre el Testigo y el más estresado (DPre o DPost). Cabe destacar la rápida rehidratación de las cepas cuando finalizan las restricciones de riego en los distintos tratamientos.

Desarrollo vegetativo y rendimiento

Dado que el criterio de poda fue el mismo para todos los tratamientos, no hubieron diferencias significativas ($P<0,05$) en el número de pámpanos por cepa (Tabla 1). No obstante, el área foliar (AF) por cepa sí fue significativamente mayor en el Testigo en ambos años, e inferior en el DPre que en los otros tratamientos solo en 2012. Este diferente comportamiento entre años posiblemente se debió a que el estado hídrico durante el periodo pre-envero fue mejor en 2013 que en 2012, dada la elevada pluviometría primaveral. Estas diferencias de AF se debieron principalmente al crecimiento de los brotes secundarios, y por tanto resultaron en doseles más compactos

para los tratamientos Testigo y DPost. Estos resultados concuerdan con lo observado en Sauvignon blanc (Wample y Smithyman, 2002), donde el RDC pre-envero permitió controlar el desarrollo vegetativo que en el completamente regado resultaba excesivo.

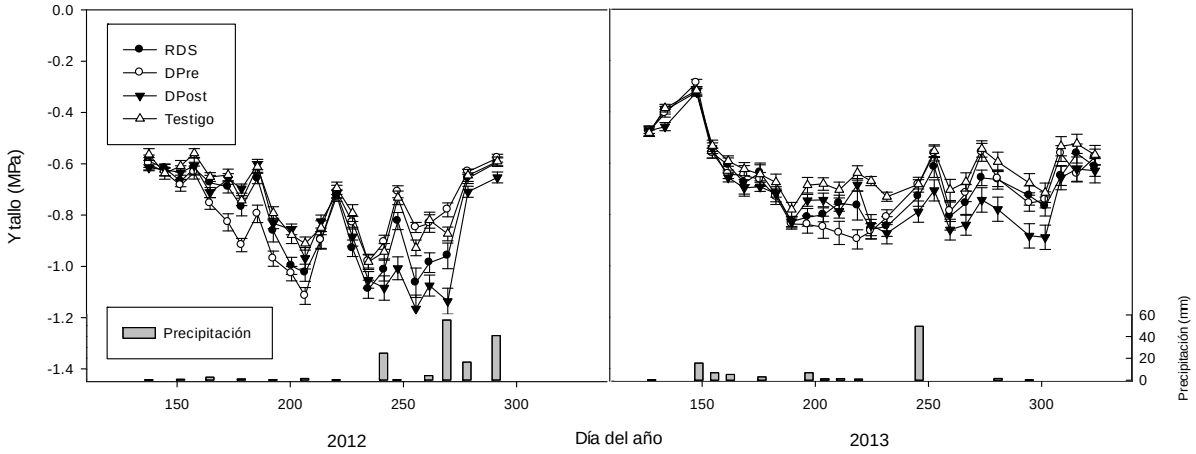


Figura 1. Potencial hídrico de tallo y precipitación de ambas campañas.

Los tratamientos de riego tuvieron un pequeño efecto sobre el número de racimos por cepa en 2012, que fue algo menor en el DPre respecto al Testigo y al RDS. Este efecto es atribuible a la variabilidad espacial de la parcela, dado que no hubo racimos abortados y que este parámetro viene determinado durante la diferenciación de las yemas en la campaña anterior. Sin embargo, en 2013 hubo una reducción significativa de la fertilidad tanto en el DPre como en el RDS, lo que sugiere que el número de racimos es muy sensible al déficit hídrico pre-envero. Asimismo, el DPre redujo el tamaño de baya durante la campaña de 2012; ello indica que el nivel de estrés hídrico impuesto durante el periodo de floración y cuajado de esa campaña afectó la expansión celular. Por el contrario, el número de bayas por racimo no fue afectado por ninguno de los tratamientos de riego. No obstante, el peso medio de racimo sí se redujo significativamente en 2012 en el DPre y en todos los tratamientos deficitarios en 2013 respecto del Testigo, lo que conllevó reducciones del 29% y del 20% en la vendimia de 2012 y 2013 respectivamente para el DPre, y del 13% para RDS y DPost en 2013. Como consecuencia de la elevada producción (9,8-13,7 $kg \cdot cepa^{-1}$ en 2012 y 15,6-19,4 en 2013) y el relativamente bajo desarrollo vegetativo, se obtuvieron valores bajos del ratio área foliar respecto a la producción (0,67-0,47 $m^2 \cdot kg^{-1}$ en 2012 y 0,43-0,45 en 2013), indicando un desequilibrio (Bravdo et al., 1985) como también muestra el índice Ravaz.

Composición de la uva

Los diferentes tratamientos de riego también provocaron diferencias, aunque pequeñas, en la composición química de la uva (Tabla 2). En términos de sólidos solubles totales, únicamente se encontraron diferencias significativas durante 2012 en el DPre en comparación al RDS, pues este último debido al mayor estrés hídrico disminuyó la acumulación de azúcares, unido a que el DPre tuvo mayor concentración a causa de la reducción del tamaño de la baya (Tabla 1). No obstante, ninguno de los tratamientos difirió del Testigo. También se observó una mayor concentración de ácido tartárico en el DPost, que resultó significativa respecto del RDS en ambas campañas y superior que el

Testigo en 2013. A su vez, se observa una ligera tendencia a mayor acidez titulable a medida que los volúmenes de riego aumentan, aunque las diferencias entre tratamientos no fueron estadísticamente significativas (Tabla 2).

Tabla 1. Riego aplicado, producción y sus componentes, peso de poda. índice de Ravaz, Área Foliar (AF), ratio Área Foliar-producción (AF/prod.), Eficiencia en el Uso del Agua (EUA) en Moscatel de Alejandría bajo diferentes tratamientos de riego.

Parámetro*	2012				2013			
	Testigo	RDS	Testigo	RDS	Testigo	RDS	Testigo	RDS
Riego aplicado, mm	281	156	179	218	231	119	131	159
Nº pámpanos·cepa^{-1}	19,9	20,0	19,4	19,3	19,8	19,1	18,2	19,0
Producción, t·ha^{-1}	27,7a	27,3a	19,8b	25,3a	39,2a	31,9b	31,5b	32,7b
Nº racimos·cepa^{-1}	31,4a	31,7a	28,6b	29,7ab	35,1a	31,8b	29,7c	33,4a
Peso racimo, g	425a	405a	321b	411a	558a	482c	520b	480c
Nº bayas·racimo^{-1}	94	89	87	84	123	124	118	118
Peso baya, g	5,6a	5,3ab	4,8b	5,4a	4,7	4,4	4,3	4,4
Peso de poda, kg·cepa^{-1}	1,08a	0,77b	0,63b	0,74b	0,99a	0,76b	0,73b	0,69b
I. Ravaz, kg·kg^{-1}	13,7b	18,7a	18,5a	17,9ab	21,8	22,7	22,2	23,9
AF m^2·cepa^{-1}	7,7a	5,7b	4,6c	5,7b	8,4a	7,1b	6,6b	6,5b
AF/Prod., m^2·kg^{-1}	0,67a	0,47b	0,48b	0,53b	0,43	0,44	0,45	0,45
Peso de poda, kg·cepa^{-1}	1,08a	0,77b	0,63b	0,74b	0,99a	0,76b	0,73b	0,69b

* Para cada año y parámetro, letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos a $P<0,05$.

Tabla 2. Parámetros de composición del mosto en vendimia de Moscatel de Alejandría bajo diferentes tratamientos de riego.

Parámetro*	2012				2013			
	Testigo	DS	DPre	DPost	Testigo	DS	DPre	DPost
S.S.T (ºBrix)	21,7ab	21,3b	22,4a	21,9ab	20,0	20,8	20,8	20,6
pH	3,86ab	3,79b	3,82ab	3,87a	3,55	3,60	3,58	3,60
A.T. (g·L^{-1} THO)	3,66	3,04	3,02	3,21	4,90	4,85	4,73	4,80
Ac. Mál (g·L^{-1})	2,48	2,17	2,28	2,50	2,90	2,68	2,60	2,78
Ac. Tart (g·L^{-1})	5,84ab	5,63b	5,89ab	5,95a	4,65b	4,65b	4,88ab	4,93a
Ratio Tart./Mál.	2,4	2,6	2,7	2,4	1,6	1,8	1,9	1,8

* Para cada año y parámetro, letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos a $P<0,05$.

CONCLUSIONES

La respuesta a cada tratamiento de riego varió según el año. En 2012 solo el DPre redujo la producción mientras que en 2013 lo hicieron todos los deficitarios (efecto residual de los tratamientos del año anterior sobre la fertilidad). No obstante, las diferencias en la composición química de la uva resultaron mínimas, únicamente en el año 2012 el tratamiento RDS tuvo valores menores de S.S.T., y el DPost tuvo mayor concentración de ácido Tartárico en ambas campañas. El área foliar fue significativamente mayor en el Testigo que en los demás, debido principalmente al mayor desarrollo de los brotes laterales.

El riego al 50% de la ET_c fue suficiente para mantener el 87% del potencial productivo de Moscatel de Alejandría, resultando en una mayor eficiencia en el uso del agua, en ambos años. Los resultados concuerdan con lo observado por De Sounza et al. (2003) y Dos Santos et al. (2003; 2007) en esta misma variedad en Portugal.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido posible gracias a la financiación del INIA-FEDER Proyecto RTA2011-00100-C05 y a la colaboración de la Cooperativa Cheste Vinícola.

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.

Bravdo, B., Hepner, Y., Loinger, C., Cohen, S., Tabacman, H. (1985). Effect of irrigation and crop level on growth, yield and wine quality of Cabernet Sauvignon. Am. J. Enol. Vitic., 36, 132–139.

De Souza, C.R., Maroco, J.P., dos Santos, T.P., Rodrigues, M.L., Lopes, C.M., Pereira, J.S., Chaves, M.M. (2003). Partial rootzone drying: regulation of stomatal aperture and carbon assimilation in field-grown grapevines (*Vitis vinifera* cv. Moscatel). Func. Plant Biol., 30, 653-662.

Dos Santos, T.P., Lopes, C.M. Rodríguez, M.L., de Souza, C.R., Maroco, J.P., Pereira, J.S., Silva, J.R., Chaves, M.M. (2003). Partial rootzone drying: effect on growth and fruit quality of field-grown grapevines (*Vitis vinifera*). Func. Plant Biol., 30, 663-671.

Dos Santos, T.P., Lopes, C.M., Rodríguez, M.L., de Souza, C.R., Silva, J.R., Maroco, J.P., Pereira, J.S., Chaves, M.M. (2007). Effects of deficit irrigation strategies on cluster microclimate for improving fruit composition of Moscatel field-grown grapevines. Sci. Hortic., 112, 321-330.

Ferreyra, R., Sellés, G., Ruiz, R., Sellés, I. (2003). Effects of water stress applied at different development periods of grapevine cv. Chardonnay on production and wine quality. Agric. Técnica (Chile) 63(3), 277-286. In Spanish.

Greven, M., Green, S., Neal, S., Clothier, B., Neal, M., Dryden, G., Robinson, P. (2005). Regulated Deficit Irrigation (RDI) to save water and improve Sauvignon Blanc quality? Water Sci. Tech. 51(1), 9-17.

Jackson, D.I., Lombard, P.B. (1993). Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality- A review. Am. J. Enol. Vitic., 44 (4), 409-430.

Matthews, M.A., Anderson, M.M. (1988). Fruit ripening in Vitis vinifera L.: Responses to seasonal water deficits. Am. J. Enol. Vitic. 39, 313-320.

McCarthy, M.G. 1997. The effect of transient water deficit on berry development of cv. Shiraz (Vitis vinifera L.). Aust. J. Grape Wine Res. 3, 102–108.

Wample, R.L., Smithyman, R. (2002). Regulated deficit irrigation as a water management strategy in *Vitis vinifera* production. Deficit irrigation practices. FAO Corporate Document Repository, pp. 89-100.

Williams, L.E., Matthews, M.A. (1990). Grapevine. In Irrigation of agricultural crops, Agronomy Monograph no. 30. B.A. Stewart and D.R. Nielsen (eds) pp. 1019-1055. ASA-CSSA-SSSA Madison, WI, USA.

Potenciales hídricos de hoja y de xilema: respuesta como indicadores del estado hídrico del viñedo, en cv. Verdejo, sometido a diferentes regímenes hídricos en la D.O. Rueda

A. Vicente y J. Yuste*.

Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. Ctra. Burgos km 119; 47071 Valladolid.
*E-mail: yusbomje@itacyl.es

Resumen

El conocimiento del estado hídrico del viñedo es primordial para la gestión del cultivo y del riego, para lo cual se pueden utilizar diferentes métodos de estimación. Dicha estimación del estado hídrico de la planta se realiza habitualmente a través de la determinación del potencial hídrico de hoja o de xilema. Se trata de un método sencillo, pero con diversidad de resultados según la hora del día en que se efectúe o la metodología operativa aplicada. Esto hace conveniente la valoración de la respuesta de cada tipo de medida de potencial, en función de la variedad, el lugar y el régimen hídrico aplicado, con el objetivo de determinar posibles ventajas e inconvenientes de dichas medidas.

Se ha estudiado en 2012 y 2013 la respuesta hídrica del cv. Verdejo, en un ensayo experimental conducido en espaldera, a la variación del régimen hídrico a través de tres tratamientos experimentales: S00 (no riego, 0% ETo), R25 (25% ETo) y R50 (50% ETo). El riego se ha aplicado desde parada de crecimiento vegetativo hasta vendimia. La cantidad total de agua aplicada ha sido: 125 y 104 mm en R25 y 251 y 208 mm en R50, en 2012 y 2013 respectivamente. Se han llevado a cabo medidas de potencial hídrico en hoja adulta a lo largo del ciclo, a las siguientes horas (hs: hora solar): antes de amanecer (Ψ_{aa}), 9-hs (Ψ_9), 12-hs (Ψ_{12}) y xilema 12-hs (Ψ_x).

Los resultados han mostrado que la correlación entre la humedad del suelo (60 cm de profundidad) y los valores de potencial hídrico antes del amanecer y de xilema no ha sido muy elevada en general, pero mayor en secano que en regadío. La medida de humedad del suelo ha permitido diferenciar el secano, pero no las dosis de riego aplicadas. Las distintas medidas de potencial (Ψ_{aa}, Ψ_9, Ψ_{12}, Ψ_x) han mostrado, en general, capacidad de discriminación entre regímenes hídricos incrementándose a medida que avanzaba el ciclo, aunque el potencial foliar de mediodía ha mostrado mayor variabilidad. El grado de correlación observada entre valores de potencial hídrico ha sido, en orden decreciente: Ψ_x/Ψ_{12}, Ψ_x/Ψ_9, Ψ_{12}/Ψ_9, Ψ_{aa}/Ψ_9, Ψ_x/Ψ_{aa}, Ψ_{aa}/Ψ_{12}. La correlación de Ψ_{aa}, así como de Ψ_x, respecto al resto de medidas de Ψ ha sido más estrecha en 2013 que en 2012, probablemente en relación con la mayor exigencia climática estival de 2012. No obstante, las correlaciones Ψ_x/Ψ_{12} y Ψ_{aa}/Ψ_9 han sido más estables que el resto de correlaciones, acusando menos el factor año. Las medidas de Ψ_{aa} o de Ψ_9 serían buenos estimadores hídricos en Verdejo, considerando que la elección del tipo de medida debe tener en cuenta tanto su fiabilidad como indicador del estado hídrico del viñedo como su operatividad, considerando el nivel de correlación observado.

Palabras clave: cámara de presión, humedad, riego, secano, TDR.

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua es frecuentemente el factor más limitante de la productividad del viñedo en climas áridos y semiáridos, pues una cantidad insuficiente de agua puede provocar significativas reducciones de rendimiento y de acumulación de azúcares en la cosecha (Santesteban y Royo, 2006). Una apropiada estrategia de riego requiere de información fiable que pueda permitir a los viticultores tomar decisiones rápidas y efectivas. Las fuentes de información más frecuentemente utilizadas para la toma de decisiones son: (I) estimación de consumo de agua a través de datos climáticos, (II) medidas de contenido y/o disponibilidad de agua en el suelo, (III) medidas del estado hídrico de planta y (IV) medidas de actividad de la planta (Santesteban et al., 2010). Distintas técnicas y herramientas empleadas para la programación del riego fueron valoradas por Jones (2004), destacando sus fortalezas y debilidades y la necesidad de ajustar los valores obtenidos a las condiciones particulares del viñedo a regar.

Una de las herramientas más usadas es la cámara de presión de Scholander, que aporta de un modo relativamente rápido una estimación del estado hídrico de la planta a través del potencial hídrico de hoja. Sin embargo, determinar directamente el potencial hídrico en hoja es problemático debido a que los valores obtenidos dependen parcialmente de la tasa de transpiración de la hoja a la hora de medida, dando como resultado una variabilidad sustancial, incluso en una sola planta (Jones, 2004). Es aceptado que el potencial hídrico antes del amanecer muestra el balance hídrico de la planta con el suelo. El potencial hídrico foliar refleja una combinación de factores como la demanda hídrica individual a nivel foliar, el agua disponible en suelo, la conductividad hidráulica y la regulación estomática, mientras que el potencial de xilema indica la capacidad de la planta para conducir el agua del suelo a la atmósfera (Choné et al., 2001).

Diferentes estudios han contrastado distintos modos de medida de potencial (hojas soleadas o embolsadas previamente) a distintas horas de medida (antes del amanecer, media mañana y mediodía) tratando de determinar el modo y el momento más adecuados para interpretar el estrés hídrico soportado por la planta. En consonancia con esto, Yuste et al. (2004) observaron un incremento de correlación entre potencial foliar y de xilema al avanzar la estación y, por tanto, el estrés hídrico. Algunos investigadores usaron satisfactoriamente el potencial hídrico foliar diurno, pero la tendencia de los estudios es mayoritariamente a emplear el potencial antes del amanecer o el potencial de xilema midiendo hojas embolsadas (Santesteban et al., 2010).

El objetivo de este estudio es determinar la respuesta de los potenciales hídricos de hoja y de xilema como indicadores del estado hídrico del viñedo, así como la relación entre ellos, en cv. Verdejo sometido a diferentes regímenes hídricos en la D.O. Rueda.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha estudiado en 2012 y 2013 la respuesta hídrica del cv. Verdejo, en un ensayo experimental conducido en espaldera, a la variación del régimen hídrico a través de tres tratamientos experimentales basados en la compensación de la evapotranspiración potencial (ETo): S00 (no riego, 0% ETo), R25 (25% ETo) y R50 (50% ETo). El diseño es en bloques al azar con cuatro repeticiones de 30 cepas. El riego se ha aplicado desde parada de crecimiento vegetativo hasta vendimia. La cantidad total de agua aplicada ha sido: 125 y 104 mm en R25 y 251 y 208 mm en R50, en 2012 y 2013 respectivamente.

La humedad del suelo ha sido medida mediante TDR (*Time Domaine Reflectometry*) con un equipo de SoilMoisture Corporation, empleando sondas fijas instaladas hasta 60 cm de profundidad en un punto de cada repetición. La periodicidad de las medidas fue quincenal a lo largo de todo el ciclo activo de la vid, coincidiendo las fechas de medida con las de potencial hídrico foliar.

Se han llevado a cabo medidas de potencial hídrico en hoja adulta a lo largo del ciclo, a las siguientes horas (hs: hora solar): antes de amanecer (Ψ_{aa}), 9-hs (Ψ_9), 12-hs (Ψ_{12}) y 12-hs para xilema (Ψ_x); midiendo una hoja en dos cepas de cada repetición.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados han mostrado que la regresión entre la humedad del suelo (60 cm de profundidad) y los valores de potencial hídrico antes del amanecer y de xilema no ha sido muy estrecha en general, pero mayor en secano que en regadío. Los valores de correlación han sido R^2=0,72 y R^2=0,45 en 2012 y R^2=0,56 y R^2=0,50 en 2013, para Ψ_{aa} y Ψ_x respectivamente. El contenido de humedad del suelo muestra en la mayoría de los casos diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos de riego, independientemente de la dosis aplicada, y el secano (Tabla 1).

El potencial hídrico antes del amanecer mostró diferencias entre los tres tratamientos a lo largo del periodo de medidas en 2012, si bien la varianza de los datos no siempre dio lugar a que las diferencias fuesen estadísticamente significativas entre R25 y R50, lógicamente favorables al incremento del riego aplicado (Tabla 2). En 2013 se repitió el comportamiento con valores de potencial menos negativos, reflejo de un menor estrés hídrico derivado de unas condiciones climáticas estivales menos exigentes que en 2012.

Los valores de potencial a las 9-hs mostraron una tendencia de separación de los tres tratamientos, pudiendo ser éste un buen indicador del régimen hídrico sufrido, especialmente en 2012, si bien la varianza de los datos no permitió obtener diferencias estadísticamente significativas algunos días de medida. Esta amplitud de desviación estándar, principalmente en 2013, y en R25 en particular, podría indicar situaciones intermedias amplias de hidratación en plantas que soportan idéntico régimen hídrico (Tabla 3).

En 2012, a pesar de que durante la primera parte del periodo de medidas los valores de potencial foliar a las 12-hs no permitieron diferenciar los tratamientos, a partir de agosto (en torno a envero) los diferenciaron claramente con significación estadística. El mismo comportamiento, aunque menos definido, fue observado en 2013 (Tabla 4).

El potencial de xilema (12-hs) en 2012 permitió discriminar los tres tratamientos con diferencias estadísticamente significativas con regularidad. En 2013 la tendencia fue similar pero la mayor desviación estándar de las medidas no permitió que las diferencias fueran estadísticamente significativas tan a menudo (Tabla 5).

La relación de regresión observada entre valores de potencial hídrico antes del amanecer y de potencial de xilema fue menos estrecha en 2012 que en 2013 (R^2=0,46 y R^2=0,70), lo que condiciona la posibilidad de permutar estas medidas como indicadores de estrés hídrico. Por otro lado, el potencial antes del amanecer y el potencial a las 9-hs presentaron una correlación bastante elevada ($R^2 \geq 0,60$) los dos años de estudio. En 2012 la pendiente de la curva se amortiguó progresivamente al reducirse el potencial antes del

amanecer (Figura 1), mientras que en 2013 la regresión se mantuvo lineal y con una mayor pendiente (Figura 2). La relación del potencial antes del amanecer con el potencial foliar a las 9-hs fue más estrecha y estable interanualmente (R^2=0,67 en 2012 y R^2=0,60 en 2013) que con el potencial foliar a las 12-hs (R^2=0,40 en 2012 y R^2=0,62 en 2013).

La relación de regresión del potencial de xilema (12-hs) con el potencial a las 9-hs mostró un ajuste mucho más acusado en 2013 (R^2=0,83) que en 2012 (R^2=0,50). La regresión del potencial de xilema y el potencial foliar a las 12-hs mostró un elevado ajuste independientemente del año de referencia, R^2=0,78 en 2012 y R^2=0,76 en 2013.

La regresión entre el potencial a las 9-hs y el de las 12-hs ha ofrecido una correlación lineal bastante elevada ($R^2 \geq 0,60$) ambos años, aunque con mayor dispersión en 2013, lo que podría indicar la posibilidad de intercambiar entre sí ambas medidas.

CONCLUSIONES

Los resultados han mostrado que la correlación entre los valores de humedad del suelo y los valores de potencial hídrico antes del amanecer y de xilema no ha sido muy elevada en general, pero mayor en secano que en regadío. La medida de humedad del suelo ha permitido diferenciar el secano, pero no las dosis de riego aplicadas.

Las distintas medidas de potencial (Ψ_{aa}, Ψ_9, Ψ_{12}, Ψ_x) han mostrado, en general, capacidad de discriminación entre regímenes hídricos incrementándose a medida que avanzaba el ciclo, aunque el potencial foliar de mediodía ha mostrado mayor variabilidad. El grado de correlación observada entre valores de potencial hídrico ha sido, en orden decreciente: Ψ_x/Ψ_{12}, Ψ_x/Ψ_9, Ψ_{12}/Ψ_9, Ψ_{aa}/Ψ_9, Ψ_x/Ψ_{aa}, Ψ_{aa}/Ψ_{12}. La correlación de Ψ_{aa}, así como de Ψ_x, respecto al resto de medidas de Ψ ha sido más estrecha en 2013 que en 2012, probablemente derivada de la mayor exigencia climática estival de 2012. No obstante, las correlaciones Ψ_x/Ψ_{12} y Ψ_{aa}/Ψ_9 han sido más estables que el resto de correlaciones, acusando menos el factor año.

El indicador hídrico que podría recomendarse en Verdejo sería el potencial de antes del amanecer o el de las 9-hs, muy bien correlacionado con el anterior, considerando que la elección del tipo de medida en todo caso debe tener en cuenta tanto su fiabilidad como indicador del estado hídrico del viñedo como su operatividad.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación del proyecto INIA RTA2011-00100-C05, la ayuda del Grupo de Viticultura del ITACyL y el soporte del Grupo Yllera.

Referencias

Choné, X., Van Leeuwen, C., Dubourdieu, D., Gaudillère, J.P. (2001). Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status. Annals of Botany, 87, 477–483.

Jones, H.G. (2004). Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plantbased methods. Journal of Experimental Botany, 55, 2427–2436.

Santesteban, L.G., Miranda, C., Royo, J.B. (2010). Suitability of pre-dawn and stem water potential as indicators of vineyard water status in cv. Tempranillo. Australian Journal of Grape and Wine Research, 17, 43–51.

Santesteban, L.G., Royo, J.B. (2006). Water status, leaf area and fruit load influence on berry weight and sugar accumulation of cv. Tempranillo under semiarid conditions. Scientia Horticulturae, 109, 60–65.

Yuste, J., Gutiérrez, I., Rubio, J.A., Alburquerque, M.V. (2004). Réponse des potentiels hydriques de la feuille et du xylème comme indicateurs de l'état hydrique de la vigne, cépage tempranillo, soumis à différents régimes hydriques dans la vallée du Douro. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, 38, 21-26.

Tabla 1. Humedad volumétrica del suelo (% v/v) de los tratamientos en 2012 y 2013.

2012	**14-jun**	**28-jun**	**18-jul**	**01-ago**	**16-ago**	**30-ago**	**12-sep**	**04-oct**
S00	23,7±2,5	18,8±4,4	17,0±4,4b	16,9±3,6b	14,5±4,4b	13,4±4,7b	12,5±5,1b	14,4±4,2b
R25	24,3±3,6	22,1±3,3	24,3±2,3a	24,4±2,5a	26,0±2,6a	26,2±2,4a	25,6±3,2a	24,2±2,9a
R50	24,4±1,6	22,4±1,5	26,2±1,4a	26,1±1,1a	26,4±1,0a	26,5±0,5a	27,0±0,1a	25,6±0,7a
Sig.	n.s.	n.s.	**	**	**	**	**	**
p	0,951	0,315	0,009	0,003	0,001	0,000	0,001	0,002
2013	**18-jun**	**3-jul**	**17-jul**	**30-jul**	**17-ago**	**28-ago**	**11-sep**	**25-sep**
S00	24,7±3,6	24,0±2,9	22,2±3,0b	21,0±1,2b	21,9±0,0b	17,7±2,1b	14,7±3,4b	14,7±3,3b
R25	26,0±1,4	26,5±3,7	26,8±1,4a	26,0±1,0a	26,0±0,2a	25,4±1,3a	24,6±0,8a	23,1±0,9a
R50	26,2±0,5	26,9±2,6	28,0±1,6a	27,9±1,7a	28,6±2,9a	26,9±2,4a	26,0±1,8a	26,4±2,2a
Sig.	n.s.	n.s.	*	**	**	**	**	**
p	0,619	0,473	0,012	0,002	0,050	0,003	0,000	0,000

* Para todas las tablas: Nivel de significación estadística: (n.s.) no significativo, (*) p<0,05, (**) p<0,01.
** Para todas las tablas: letras diferentes indican valores estadísticamente distintos.

Tabla 2. Potencial hídrico (MPa) antes del amanecer en 2012 y 2013.

2012	**18-jul**	**17-ago**	**12-sep**	**2013**	**18-jul**	**14-ago**	**12-sep**
S00	-0,57±0,08b	-0,77±0,05c	-1,05±0,17b	**S00**	-0,26±0,07	-0,50±0,01b	-0,75±0,13c
R25	-0,34±0,03a	-0,42±0,06b	-0,23 ±0,01a	**R25**	-0,25±0,02	-0,42±0,03a	-0,46±0,07b
R50	-0,33±0,10a	-0,31±0,03a	-0,09±0,04a	**R50**	-0,23±0,06	-0,37±0,07a	-0,25±0,05a
Sig.	*	**	**	**Sig.**	n.s.	**	**
p	0,012	0,000	0,000	**p**	0,649	0,007	0,000

Tabla 3. Potencial hídrico foliar (MPa) a las 9-hs en 2012 y 2013.

2012	**18-jul**	**16-ago**	**30-ago**	**12-sep**		
S00	-1,23 ±0,07	-1,44 ±0,14 b	-1,71 ±0,03 c	-1,67 ±0,04 c		
R25	-1,13 ±0,25	-1,22 ±0,17 b	-1,15 ±0,15 b	-1,26 ±0,18 b		
R50	-1,13 ±0,05	-0,90 ±0,15 a	-0,71 ±0,04 a	-0,87 ±0,08 a		
Sig.	n.s.	*	**	**		
p	0,652	0,015	0,000	0,000		
2013	**17-jul**	**13-ago**	**28-ago**	**11-sep**	**26-sep**	**09-oct**
S00	-0,69 ±0,07 b	-1,11 ±0,01 b	-1,4 ±0,04	-1,47 ±0,13 b	-1,61 ±0,11	-0,58 ±0,02
R25	-0,65 ±0,03 b	-0,94 ±1,17 ab	-1,08 ±0,28	-1,28 ±0,17 ab	-1,45 ±0,20	-0,57 ±0,06
R50	-0,55 ±0,02 a	-0,90 ±0,03 a	-0,90 ±0,20	-1,07± 0,06 a	-1,37 ±0,19	-0,57 ±0,02
Sig.	*	*	n.s.	*	n.s.	n.s.
p	0,030	0,015	0,063	0,023	0,298	0,884

Tabla 4. Potencial hídrico foliar (MPa) a las 12-hs en 2012 y 2013.

2012	14-jun	28-jun	18-jul	01-ago	16-ago	30-ago	12-sep	04-oct
S00	-0,66±0,03	-0,89±0,15	-1,10±0,06	-1,51±0,16	-1,50±0,10c	-1,70±0,15c	-1,65±0,02c	-1,38±0,04c
R25	-0,60±0,06	-0,82±0,14	-1,09±0,16	-1,50±0,13	-1,27±0,08b	-1,26±0,17b	-1,41±0,13b	-1,03±0,14b
R50	-0,58±0,05	-0,81±0,11	-1,06±0,14	-1,38±0,09	-0,99±0,05a	-0,89±0,17a	-1,11±0,08a	-0,65±0,01a
Sig.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	**	**	**
p	0,175	0,707	0,942	0,404	0,001	0,003	0,001	0,000
2013		**26-jun**	**17-jul**		**13-ago**		**11-sep**	
S00		-0,72±0,05	-0,97±0,03		-1,22±0,03		-1,52±0,14b	
R25		-0,70±0,03	-0,92±0,05		-1,04±0,22		-1,29±0,20ab	
R50		-0,70±0,06	-0,88±0,04		-0,93±0,12		-1,05±0,16a	
Sig.		n.s.	n.s.		n.s.		*	
p		0,809	0,136		0,118		0,042	

Tabla 5. Potencial hídrico (MPa) de xilema a las 12-hs en 2012 y 2013.

2012	14-jun	28-jun	18-jul	01-ago	16-ago	30-ago	12-sep	04-oct
S00	-0,48±0,06	-0,74±0,05	-0,98±0,05	-1,25±0,18	-1,58±0,07c	-1,62±0,17c	-1,62±0,29b	-1,49±0,15c
R25	-0,47±0,13	-0,74±0,13	-0,98±0,18	-1,02±0,14	-1,27±0,14b	-1,02±0,12b	-1,40±0,31ab	-0,96±0,17b
R50	-0,47±0,09	-0,70±0,07	-0,97±0,10	-0,92±0,06	-0,94±0,18a	-0,61±0,06a	-0,95±0,02a	-0,57±0,03a
Sig.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	**	*	**
p	0,995	0,788	0,994	0,065	0,004	0,000	0,038	0,000
2013	**3-jun**	**26-jun**	**17-jul**	**31-jul**	**13-ago**	**28-ago**	**11-sep**	**26-sep**
S00	-0,53±0,04	-0,63±0,08	-0,66±0,12	-0,76±0,07	-0,98±0,13	-1,26±0,11b	-1,49±0,07b	-1,66±0,11
R25	-0,53±0,03	-0,48±0,07	-0,60±0,06	-0,73±0,17	-0,88±0,17	-1,03±0,19ab	-1,11±0,23a	-1,49±0,25
R50	-0,53±0,05	-0,48±0,08	-0,59±0,04	-0,58±0,11	-0,66±0,12	-0,80±0,05a	-0,89±0,14a	-1,30±0,20
Sig.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	n.s.
p	0,964	0,092	0,567	0,228	0,088	0,015	0,012	0,164

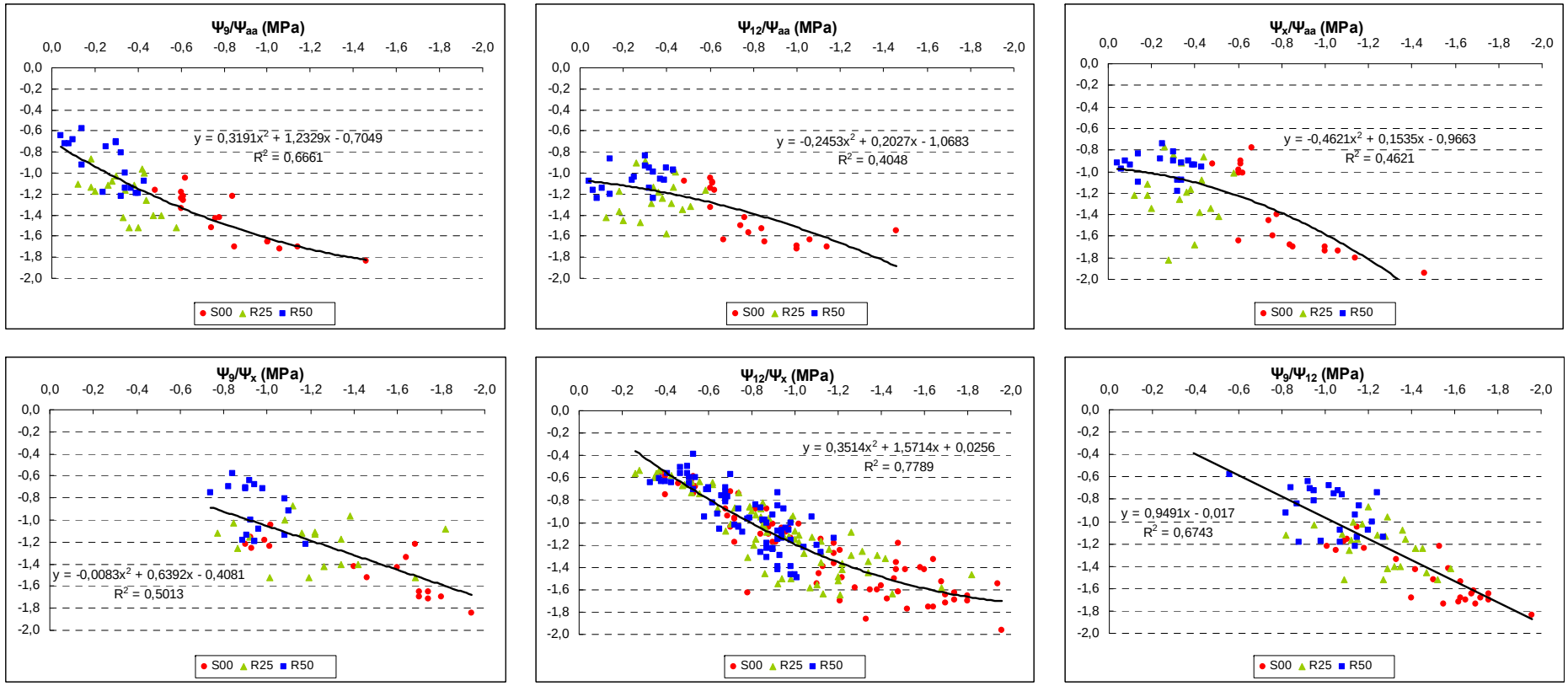


Figura 1. Regresión entre valores de potencial hídrico en 2012. Cada punto representa la medida de 1 repetición.

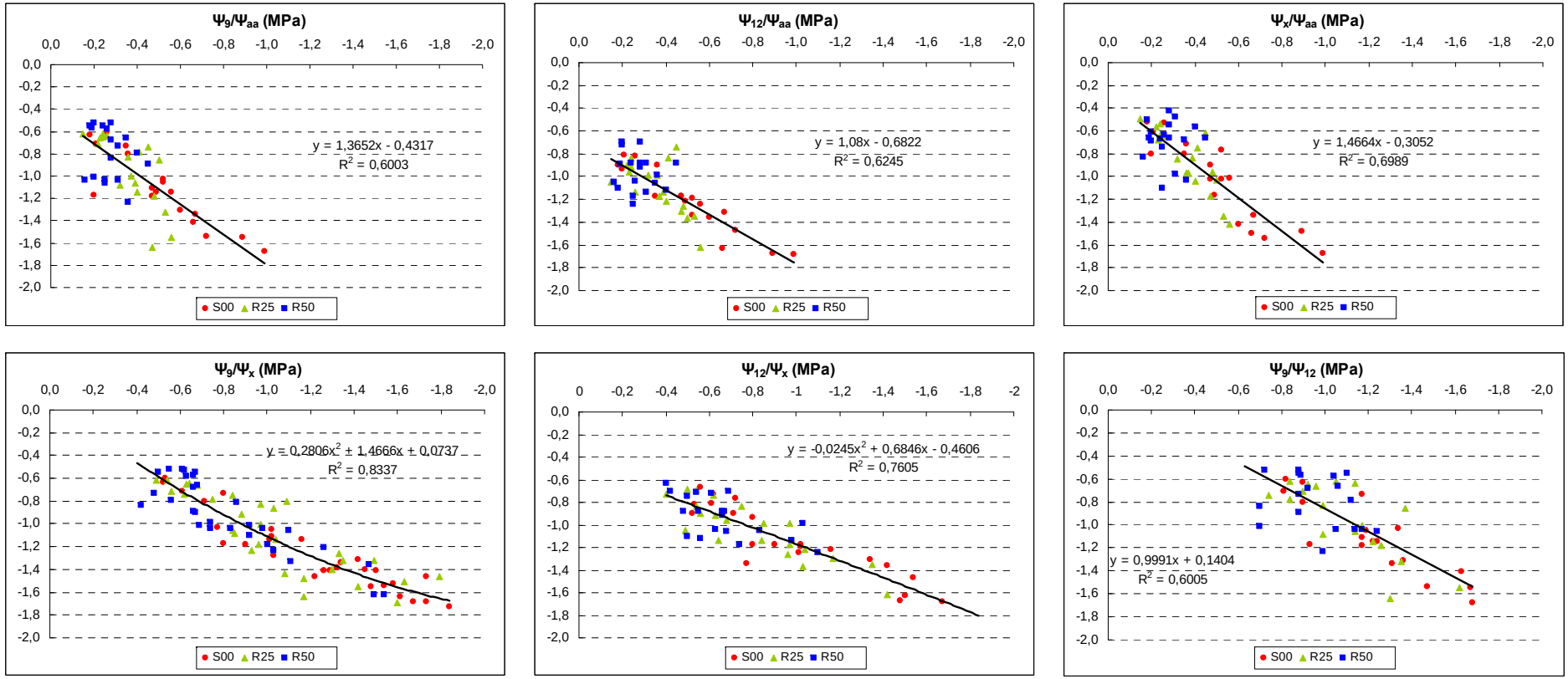


Figura 2. Regresión entre valores de potencial hídrico en 2013. Cada punto representa la medida de 1 repetición.

Influencia del riego en la variedad Sousón, tinta autóctona de Galicia: Resultados experimentales 2012-2013

E. Trigo, Y. Bouzas, E. Díaz, I. Orriols y J.M. Mirás*.

Estación de Viticultura e Enoloxía de Galicia (EVEGA-INGACAL), Ponte San Clodio s/n, 32427, Leiro (Ourense, España). *E-mail: jose.manuel.miras.avalos@xunta.es

Resumen

El ensayo se realizó en la Estación de Viticultura e Enoloxía de Galicia durante 2012 y 2013. Se establecieron dos tratamientos en bloques aleatorios con tres repeticiones: un control sin riego y un riego por goteo aéreo al 50% de la evapotranspiración del cultivo. Se llevó a cabo un seguimiento del potencial hídrico de las cepas y de la conductancia estomática. En vendimia, se registraron: número de racimos por planta, producción por planta y peso medio del racimo. Asimismo, se determinaron los parámetros básicos (grado alcohólico, pH, acidez total) de los mostos. La elaboración de vinos se realizó siguiendo protocolos habituales para la vinificación de tintos. Se determinaron los parámetros básicos así como los atributos de color de los vinos. Las diferencias entre tratamientos se evaluaron mediante tests ANOVA. El potencial hídrico permitió detectar diferencias en el estado hídrico de las plantas de ambos tratamientos. Diversos parámetros productivos se vieron significativamente afectados por el riego, variando dependiendo de la campaña considerada. Los parámetros de los mostos fueron muy similares entre tratamientos, observándose lo mismo en el caso de los vinos.

Palabras clave: Estado hídrico, irrigación, Sousón, vino tinto.

INTRODUCCIÓN

La madurez y calidad de la uva se ve afectada por la disponibilidad de agua para el viñedo. Un exceso de agua ralentiza la maduración, incrementa la producción debido a un agrandamiento de la baya y aumenta el pH y la acidez del mosto así como reduce la concentración de antocianinas (Jackson y Lombard, 1993). Sin embargo, un estrés hídrico moderado hace que la maduración sea más rápida pero reduce la producción, el peso de la baya y el ácido málico. Por lo tanto, un correcto manejo del riego puede resultar imprescindible para obtener un vino de calidad.

Galicia se considera una región con abundantes precipitaciones, sin embargo, en los últimos años se ha producido una variación en la distribución temporal y espacial de las mismas (Cruz et al., 2009) y un aumento de las temperaturas, debido al posible cambio climático. Este hecho ha provocado un uso creciente del riego en viñedos.

Sousón es una de las variedades tintas autóctonas de Galicia que se encuentran en auge en la DO Ribeiro, siendo actualmente la primera de ellas en cuanto a producción (Consello Regulador do Ribeiro, 2014). Posee un ciclo largo, escaso vigor, presenta fertilidad media, poca productividad y un gran potencial polifenólico.

Dentro de este contexto, el objetivo del presente trabajo ha sido determinar la influencia del riego en la respuesta fisiológica, productiva y cualitativa de la variedad tinta Sousón, cultivada en la DO Ribeiro.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se realizó en una parcela de 0,2 ha dentro de la finca experimental de la Estación de Viticultura y Enología de Galicia (EVEGA) durante las campañas de 2012 y 2013. Esta finca se encuentra en Leiro (Ourense) dentro de la DO Ribeiro (latitud 42º 21'62' N, longitud 8º 7'02' O y altitud 110 m sobre el nivel del mar).

El suelo de la finca es de textura arenosa (69% arena), con pH (H_2O) 6,4 y 2,7% de materia orgánica. Según los datos registrados en la estación meteorológica situada dentro de la finca experimental, de abril a septiembre, la temperatura media fue 17,1 ºC y la precipitación total ascendió a 352,8 mm en 2012; mientras que para el mismo período de 2013, la temperatura media fue 17,9 ºC y la precipitación total de 269,0 mm.

La variedad de estudio es Sousón, de uva tinta y autóctona de Galicia. La edad de las plantas es de, aproximadamente, 14 años, conducidas en espaldera e injertadas sobre patrón 196-17C. El marco de plantación es de 2,4 m x 1,25 m (3.333 plantas ha^{-1}).

En esta parcela se establecieron dos tratamientos: un control sin riego y un riego localizado por goteo al 50% de la evapotranspiración del cultivo (ET_c), teniendo en cuenta un factor de cultivo (K_c) de 0,8. El diseño experimental fue en bloques aleatorios con 3 repeticiones por tratamiento. El riego se efectuó mediante dos goteros autocompensantes por planta (4 L h^{-1}), situados 25 cm a cada lado de la cepa. El período de riego transcurrió desde finales de junio a mediados de agosto. La cantidad de agua aportada al cultivo fue de 50,0 mm en 2012 y de 79,3 mm en 2013.

El estado hídrico del viñedo se ha determinado mediante medidas periódicas del potencial hídrico de tallo al mediodía utilizando una cámara de presión. Las medidas se realizaron en 2 plantas por repetición, sobre hojas adultas, sanas, expuestas al sol y situadas en el tercio medio del pámpano. Se envolvieron las hojas en una bolsa forrada de papel de aluminio al menos una hora antes de la lectura (Choné et al., 2001).

Se tomaron lecturas de conductancia estomática en hoja con un porómetro (SC-1, Decagon Devices, UK) en 2 plantas por repetición, sobre las mismas hojas en las que se realizaron las medidas de potencial hídrico foliar, inmediatamente antes que éstas.

Las vendimias tuvieron lugar el 10 de octubre de 2012 y 2013. Se registraron datos de producción (racimos por planta, producción por planta, peso medio del racimo) y se analizaron los parámetros básicos de mostos (grado alcohólico probable, acidez total, pH, ácidos málico y tartárico) utilizando los protocolos oficiales de análisis (O.I.V., 2009). Asimismo, se determinó el peso de madera de poda.

Las microvinificaciones se realizaron en la bodega experimental de la EVEGA. Las uvas procedentes de cada tratamiento se despalillaron y estrujaron por separado y se encubaron en depósitos de acero inoxidable (35 L, 3 repeticiones por tratamiento) para su fermentación y maceración. Se llevó a cabo un bazuqueo diario del sombrero. Una vez finalizada la fermentación se realizó el descube y el prensado. Los vinos se estabilizaron a 4 ºC durante un mes, se filtraron por placas y se embotellaron.

Sobre los vinos se determinaron parámetros básicos como el grado alcohólico, acidez total, acidez volátil, pH, ácidos málico y tartárico, mediante un multianalizador calibrado según los métodos oficiales de análisis (O.I.V., 2009). El índice de polifenoles totales (IPT), los contenidos en antocianos y taninos, así como la intensidad colorante y la tonalidad se determinaron siguiendo las técnicas presentadas por Zamora (2003).

Los datos se sometieron a un análisis de varianza considerando como factor de variación el tratamiento de riego, empleando el software R 2.15.2 (R Core Team, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El potencial hídrico de tallo al mediodía fue diferente entre tratamientos a lo largo de ambas campañas de estudio. En concreto, una vez iniciado el período de riego, momento hasta el cual ambos tratamientos presentaban valores muy similares, el potencial hídrico de las plantas bajo secano fue más negativo que el de las plantas bajo el tratamiento de riego (Figura 1), indicando un mayor nivel de estrés en las plantas sin riego. Estas diferencias fueron significativas en fechas próximas a la vendimia.

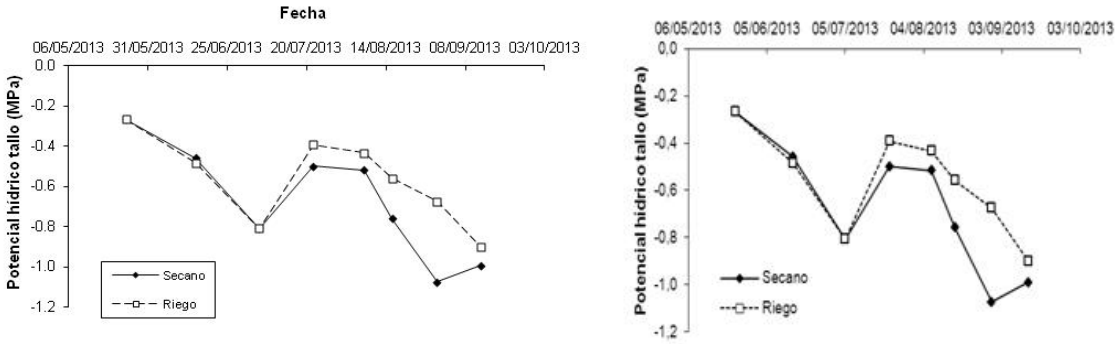


Figura 1. Evolución del potencial hídrico de tallo durante las campañas 2012 y 2013.

Esto concuerda con resultados presentados por numerosos autores para diferentes variedades de vid y condiciones edafoclimáticas (e.g. Intrigliolo et al., 2012; Junquera et al., 2012). Asimismo, las características climáticas marcaron en gran medida los valores de potencial siendo el año 2012, más lluvioso, cuando el valor mínimo de potencial hídrico de tallo fue más positivo (-0,7 MPa), mientras que en 2013 se alcanzó -1,0 MPa.

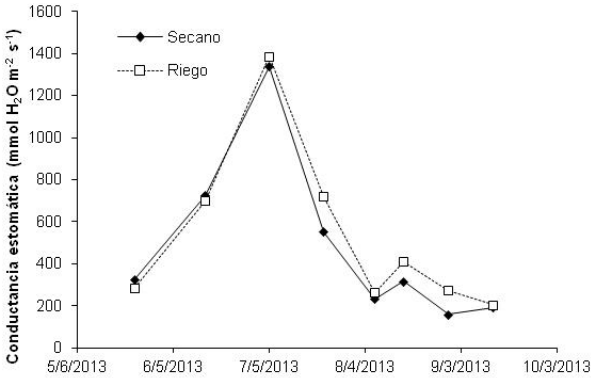


Figura 2. Evolución de la conductancia estomática durante la campaña 2013.

Los valores de conductancia estomática presentaron una dinámica muy similar entre ambos tratamientos (Figura 2) lo que parece indicar que no han existido restricciones para la actividad fisiológica de las plantas.

En cuanto a producción, se observaron diferencias significativas entre tratamientos tanto en 2012 como en 2013 (Tabla 1). El número de racimos fue significativamente mayor en el tratamiento de secano durante la campaña de 2012 (p-valor = 0,02), un 17% más (Tabla 1). Sin embargo, esta diferencia no se mantuvo en 2013, cuando el tratamiento de riego supuso un 4% más de racimos, lo que concuerda con lo observado por Intrigliolo et al. (2012) para Tempranillo y por Junquera et al. (2012) para Cabernet Sauvignon.

Tabla 1. Parámetros de producción y madera de poda (media y desviación típica).

Tratamiento	Nº racimos	Producción kg·planta^{-1}	Peso racimo g	Madera de poda kg·planta^{-1}
		2012		
Secano	*38,57 ± 10,19*	*5,10 ± 1,72*	*133,04 ± 34,55*	1,24 ± 0,44
Riego	*31,90 ± 11,51*	*3,76 ± 1,78*	*115,62 ± 27,08*	1,15 ± 0,56
p-valor	*0,021*	*0,004*	*0,033*	0,613
		2013		
Secano	41,46 ± 7,66	4,55 ± 0,88	*110,43 ± 17,27*	1,00 ± 0,34
Riego	43,21 ± 15,55	3,82 ± 1,61	*87,59 ± 18,94*	1,04 ± 0,52
p-valor	0,623	0,059	*0,000*	0,793

La producción por planta fue mayor en secano que en riego en las dos campañas estudiadas, siendo significativa en la campaña 2012 (p-valor = 0,004), mientras que en 2013, la diferencia no ha sido significativa al 5% (Tabla 1). Este resultado no es esperado ya que el riego influye positivamente sobre la producción (Jackson y Lombard, 1993).

El peso medio del racimo se ha visto afectado negativamente por el riego, siendo un 13% menor en riego que en secano en 2012 y un 21% menor en 2013 (Tabla 1), difiriendo de lo observado por otros autores en Tempranillo (Intrigliolo et al., 2012). El peso de madera de poda no presentó diferencias significativas entre tratamientos para ninguna de las dos campañas consideradas, lo que concuerda con las observaciones de Junquera et al. (2012) para Cabernet Sauvignon, en las que no apreciaron diferencias entre tratamientos para el peso de la madera en las dos primeras campañas de su estudio.

Los parámetros de los mostos no presentaron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 2), excepto para la acidez total en 2012, que fue significativamente mayor en los mostos procedentes del tratamiento de riego. Sin embargo, se aprecia una tendencia a que los mostos procedentes del tratamiento de riego muestren menores valores de grado probable y pH, así como mayores valores de acidez total que los procedentes del tratamiento de secano. Los contenidos en ácidos málico y tartárico tienden a aumentar con el riego (Tabla 2). Estos resultados concuerdan con lo observado en otras variedades y regiones vitivinícolas (Intrigliolo et al., 2012; Junquera et al., 2012).

Los vinos no presentaron diferencias significativas entre tratamientos, siendo sus parámetros (grado alcohólico, acidez total, pH, concentraciones de ácidos málico y tartárico) muy similares. Sin embargo, al igual que en los mostos, se observaron ciertas tendencias. Por ejemplo, el grado alcohólico y el pH fueron ligeramente inferiores en los vinos procedentes del tratamiento de riego. Asimismo, la acidez total fue mayor bajo riego, al igual que los ácidos málico y tartárico. Estos resultados son similares a los de Intrigliolo y Castel (2010) en Tempranillo para determinadas campañas, indicando que el efecto de la añada puede llegar a ser mayor que el efecto del tratamiento de riego.

Tabla 2. Parámetros de los mostos (media y desviación típica).

Tratamiento	Alcohol probable (%)	Acidez total g tart.·L^{-1}	pH	Ác. málico (g·L^{-1})	Ác. tart. g·L^{-1}
		2012			
Secano	11,50 ± 0,26	*8,4 ± 0,6*	3,08 ± 0,04	2,8 ± 0,6	7,1 ± 0,2
Riego	11,47 ± 0,25	*9,0 ± 0,9*	3,00 ± 0,12	3,0 ± 0,2	7,2 ± 0,5
p-valor	0,882	*0,004*	0,335	0,635	0,655
		2013			
Secano	12,43 ± 1,15	8,4 ± 0,7	3,04 ± 0,08	3,7 ± 0,6	6,4 ± 0,7
Riego	11,93 ± 1,10	9,3 ± 1,7	3,00 ± 0,20	4,4 ± 0,7	6,9 ± 1,1
p-valor	0,616	0,435	0,721	0,238	0,580

Tabla 3. Parámetros de los vinos (media y desviación típica).

Tratamiento	Alcohol probable (%)	Acidez total g tart.·L^{-1}	pH	Ác. málico (g·L^{-1})	Ác. tart. g·L^{-1}
		2012			
Secano	11,33 ± 0,12	8,0 ± 0,6	3,33 ± 0,11	2,2 ± 0,3	4,1 ± 0,5
Riego	11,30 ± 0,30	8,5 ± 0,8	3,25 ± 0,18	2,3 ± 0,5	4,8 ± 1,0
p-valor	0,866	0,442	0,572	0,827	0,346
		2013			
Secano	11,10 ± 0,95	8,1 ± 0,9	3,23 ± 0,14	1,6 ± 0,9	4,4 ± 0,8
Riego	10,90 ± 1,01	9,3 ± 1,2	3,05 ± 0,24	2,9 ± 0,7	4,7 ± 1,0
p-valor	0,816	0,209	0,318	0,109	0,700

Tabla 4. Índice de polifenoles totales (IPT), contenidos en antocianos y taninos, intensidad colorante (IC) y tonalidad (media y desviación típica) de vinos.

Tratamiento	IPT	Antocianos mg·L^{-1}	Taninos g·L^{-1}	IC	Tonalidad
			2012		
Secano	*62,60 ± 1,75*	1064.00 ± 85,76	*2,68 ± 0,07*	*30,05 ± 1,70*	42,84 ± 1,26
Riego	*68,10 ± 2,16*	1128,75 ± 84,50	*2,29 ± 0,07*	*37,61 ± 2,37*	40,23 ± 2,09
p-valor	*0,027*	0,404	*0,023*	*0,011*	0,136
			2013		
Secano	*44,00 ± 1,90*	558,83 ± 28,88	1,30 ± 0,08	18,43 ± 1,73	45,35 ± 3,30
Riego	*48,43 ± 1,80*	612,21 ± 49,26	1,53 ± 0,13	22,12 ± 3,32	44,46 ± 4,46
p-valor	*0,039*	0,181	0,054	0,163	0,796

En cuanto a los parámetros de color de los vinos, destaca que el tratamiento de riego posea mejores valores para estos atributos (Tabla 4), exceptuando los taninos y la tonalidad en la campaña 2012. En el caso de 2012, los vinos procedentes del tratamiento de riego poseen mayor concentración de IPT e intensidad colorante (Tabla 4). En 2013, la única diferencia significativa se produjo en los IPT. Destaca la diferencia interanual en los valores de estos parámetros, menores en la campaña de 2013, con la excepción de la tonalidad cuyo valor fue ligeramente superior en 2013. Estos resultados coinciden con lo observado por Intrigliolo y Castel (2010) para Tempranillo en determinadas añadas y para algunas estrategias de riego, ya que observaron una mayor concentración de antocianos e IPT. Sin embargo, la tendencia es que sea el tratamiento en secano el que presente valores superiores de estos atributos (Intrigliolo y Castel, 2010). Los valores obtenidos se explican por la menor producción de las cepas bajo riego, lo que ocasiona una mayor concentración de fotoasimilados.

CONCLUSIONES

El riego ha provocado una disminución significativa en el rendimiento productivo de las plantas de la variedad Sousón, en las condiciones del presente estudio. En cuanto a calidad del mosto y el vino, a pesar de que las diferencias no han sido significativas, el riego ha tendido a reducir el grado alcohólico y aumentar la acidez. Por el contrario, el color del vino parece haber sido afectado positivamente por el tratamiento de riego; lo que puede ser debido al menor rendimiento de las plantas regadas.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto RTA2011-00041-C02-01, con 80% fondos FEDER. J.M. Mirás Avalos agradece a la Xunta de Galicia su contrato "Isidro Parga Pondal". E. Trigo Córdoba y Y. Bouzas Cid agradecen a INIA sus becas FPI.

Referencias

Choné, X., van Leeuwen, C., Dubourdieu, D., Gaudillère, J.P. (2001). Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status. Annals of Botany, 87, 477-483.

Cruz, R., Lago, A., Lage, A., Rial, M.E., Díaz-Fierros, F., Salsón, S. (2009). Evolución recente do clima de Galicia. Tendencias observadas en variables meteorolóxicas. En: Evidencias e Impactos do Cambio Climático en Galicia. Xunta de Galicia. Consellería de Medio Ambiente e Desenvolvemento Sostible, Santiago de Compostela, 19-58.

Intrigliolo, D.S., Castel, J.R. (2010). Response of grapevine cv. 'Tempranillo' to timing and amount of irrigation: water relations, vine growth, yield and berry and wine composition. Irrigation Science, 28, 113-125.

Intrigliolo, D.S., Pérez, D., Risco, D., Yeves, A., Castel, J.R. (2012). Yield components and grape composition responses to seasonal water deficits in Tempranillo grapevines. Irrigation Science, 30, 339-349.

Jackson, D.I., Lombard, P.B. (1993). Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality. A review. American Journal of Enology and Viticulture, 44, 409-430.

Junquera, P., Lissarrague, J.R., Jiménez, L., Linares, R., Baeza, P. (2012). Long-term effects of different irrigation strategies on yield components, vine vigour, and grape composition in cv. Cabernet-Sauvignon (*Vitis vinifera* L.). Irrigation Science, 30, 351-361.

O.I.V. (2009). Compendium of International Methods of Wine and Must Analysis vols. 1 and 2. Office International de la Vigne et du Vin (Ed.). París, Francia.

Zamora, F. (2003). Elaboración y crianza del vino tinto: aspectos científicos y prácticos. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España, 13-68.

Valoración agronómica de la fertirrigación sobre *Vitis vinifera* cv. Mencía - DO Bierzo (España)

M. Fandiño[1], E.M. Martínez[1], B.J. Rey[1] y J.J. Cancela*[1].

1 GI-1716. Departamento Ingeniería Agroforestal. Universidad de Santiago de Compostela. Escuela Politécnica Superior. Campus Universitario s/n, 27002, Lugo.
*E-mail: javierjose.cancela@usc.es

Resumen

El ensayo se ha ejecutado durante la campaña 2013 en una parcela comercial en Villafranca del Bierzo, cuenta con dos tratamientos: secano (R) y riego, este último con dos sistemas de fertirriego por goteo: superficial (DI) y subsuperficial (SDI), instalados en el año 2012. El objetivo del estudio es analizar los efectos de la fertirrigación sobre *Vitis vinifera* (L.) cv. Mencía, en particular aspectos fisiológicos y agronómicos. Las cepas han sido plantadas hace 9 años, sobre patrón *Rupestris du Lot*, dispuestas en una parcela con escasa pendiente, conducidas en espaldera, con orientación N-S, y en un marco de plantación de 1,2 x 2,5 m. La poda realizada es Cordón Royat. El tiempo de riego diario fue de 1,5 h, entre el 24 de junio y el 6 de septiembre. Entre cuajado y envero, durante las tres primeras semanas de agosto, se aportaron las siguientes materias activas: nitrato amónico, fosfato mono-amónico, nitrato potásico y nitrato magnésico. Durante toda la campaña se tomaron medidas de potencial hídrico foliar de mediodía, tanto de tallo como de hoja. Los valores medios de potencial durante la campaña, muestran que el potencial hídrico foliar a mediodía sufrió un descenso desde finales de junio hasta el inicio de las lluvias de septiembre. Se han observado diferencias entre riego y secano desde principios de agosto, alcanzando el potencial hídrico foliar a mediodía en secano valores cercanos a -1,6 MPa (04/09), si bien el potencial hídrico de tallo ha mostrado una mayor discriminación entre tratamientos. Los rendimientos agronómicos muestran mayores producciones en regadío frente al secano, 3,4 y 1,8 kg planta^{-1}, respectivamente, observando para SDI unas producciones medias de 3,7 kg planta^{-1}. En los parámetros cualitativos, el grado alcohólico en mosto para R fue de 12,8, mientras que en el caso de SDI alcanzó los 13,5 (%Vol.), este parámetro se encuentra ligado a una mayor acidez total para el secano (4,6 g Tartárico L^{-1}). De los resultados obtenidos se concluye que el fertirriego aplicado entre cuajado y envero, genera mayores producciones, minimizando el estrés hídrico foliar de las plantas, sin detraer calidad del mosto final, e incluso adquiriendo un mayor grado alcohólico para el caso del riego subsuperficial.

Palabras clave: Calidad vino, materias activas, potencial hídrico foliar, producción, riego subsuperficial.

INTRODUCCIÓN

La gestión conjunta del agua y los nutrientes en un viñedo es clave para la obtención de una uva de calidad, aspectos que habitualmente se han abordado de forma separada. García-Escudero et al. (2007) destaca la importancia de la implementación de sistemas de riego dentro del viñedo encaminada a que no se produzca un efecto negativo sobre los pilares de calidad deseada en viticultura. La aplicación de nutrientes mediante

riego localizado, puede generar gradientes de agua en el suelo y concentración de minerales en la zona radicular (Bravdo, 2008) afectando al pH, azúcares y tiempo de maduración. Nielsen et al. (2010) han estudiado sobre cv. Merlot y Cabernet Sauvignon los efectos de aplicación de diferentes dosis de abonado en diferentes momentos sobre la producción y asimilación de nitrógeno.

En la región del Bierzo, el cultivar predominante es el Mencía, si bien se encuentran escasos trabajos sobre parámetros agronómicos y de calidad de la uva (González-Fernández et al., 2012, Silva et al., 2013), por lo que el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de diferentes tratamientos de riego, incluyendo la fertirrigación, sobre el cv. Mencía en una parcela comercial en la "DO Bierzo" (Castilla León). Para ello se realizó un seguimiento del estado hídrico de la planta durante la campaña 2013, valorando la influencia de estos tratamientos sobre la producción y calidad de los mostos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El viñedo estudiado durante la campaña 2013, se encuentra localizado en Villafranca del Bierzo, situado al oeste de la comarca del Bierzo, en León (Castilla León), amparado en la "DO Bierzo" (latitud 42º 36' 29'' N, longitud 6° 47' 40'' O y a 593 m sobre el nivel del mar, con una pendiente media del 6%). El experimento fue implantado a inicios del 2012, en un viñedo comercial de cultivar Mencía, siendo considerado por el Reglamento de la DO Bierzo como la preferente dentro de los dos cv. tintos permitidos (BOE, 1989). Las plantas cuentan con 9 años (1,2 x 2,5 m) y están injertadas sobre *Rupestris du Lot*, conducidas en espaldera, con orientación Norte-Sur, donde la poda realizada es Cordón Royat, con una carga por cepa de 12 yemas. Más información sobre el ensayo ha sido descrita por Dafonte et al. (2013).

La comarca del Bierzo se caracteriza por un microclima mediterráneo, con temperaturas suaves que provocan que se adelante la vendimia sobre los restantes viñedos de Castilla León (AEMET, 2013). Según los registros de la estación de Carracedelo, situado a unos 7,5 km, los valores medios para se exponen en la Tabla 1, así como la Integral Térmica eficaz (ITe) y la temperatura media del mes más calido (ATWM).

Tabla 1. Variables climáticas (1 Marzo-Vendimia) e Índices vitícolas – 2012 – 2013.

Variables	2012	2013
Tª media (º)	15,65	15,76
Precipitación (mm)	183,03	327,43
ETo (mm)	740,77	831,43
ITe	1275,29	1400,60
ATWM	19,95 (ago)	22,23 (jul)

Se consideraron tres tratamientos en el estudio, secano (R) y regadío, incluyendo en este último dos sistemas, riego por goteo superficial (DI) y riego por goteo subsuperficial (SDI). En ambos casos el sistema de riego cuenta con goteros de 2 L h^{-1}, 1 por planta en DI, y separados 1 m para el SDI. En el caso del sistema DI se encuentra localizado a 0,10-0,15 m sobre el nivel del suelo y el sistema SDI a 0,40 m de profundidad. El tiempo de riego diario fue de 1,5 h, lo que equivale a una dosis de riego

diaria de 1,00 mm (DI) y 1,20 mm (SDI). Al final de la campaña se aportaron 75 y 90 mm para el sistema DI y SDI, respectivamente, distribuidos entre el 24 de junio y el 6 de septiembre.

Entre cuajado y envero, durante las tres primeras semanas de agosto, se aportaron las siguientes materias activas a través del agua de riego (Tabla 2): nitrato amónico (NA), fosfato mono-amónico (MAP), nitrato potásico (NK) y nitrato magnésico (NMg). Las unidades fertilizantes por ha fueron las siguientes: N-21; P_2O_5-9,24; K_20-34,8 y MgO-8,4. Se seleccionaron tres filas de la parcela para cada tratamiento, donde se analizó la fila central de cada tratamiento, considerando tres repeticiones de siete plantas, donde se realizaron medidas ecofisiológicas en dos cepas de cada repetición, resultando en total seis medidas por tratamiento. La superficie afectada por los tratamientos de fertirrigación fue de unos 1200 m^2, aproximadamente. Los costes de materias activas por hectárea se estiman en unos 490 €, sin incluir los gastos de manejo.

Tabla 2. Materias activas aplicadas con el sistema de fertirrigación – 1 a 21 agosto.

Materia Activa	Cantidad (Kg)	Coste (€)
NA	2,28	2,55
MAP	3,03	8,12
NK	15,12	32,51
NMg	10,05	14,83
Total		58,02

NA: nitrato amónico, MAP: fosfato mono-amónico, NK: nitrato potásico y NMg: nitrato magnésico.

Durante los periodos de mayor demanda hídrica por parte de la vid se cuantificó el potencial hídrico foliar a mediodía empleando una cámara de presión (Scholander et al., 1965) modelo PMS 600 (Albany, OR, USA). Las mediciones se llevaron a cabo tomando hojas del tercio medio del pámpano, adultas, presentando un estado de desarrollo similar, sin presencia de alteraciones y con exposición directa a la radiación solar en 2 plantas por repetición. Para conseguir el equilibrio entre el potencial de la hoja y del tallo, se procedió al tapado de las hojas con bolsas plásticas metalizadas 2 horas antes de la lectura de potencial (Williams y Araujo, 2002).

Durante la vendimia se determino el número de racimos y la producción total por planta, además del peso medio del racimo. Tras finalizar la vendimia, se determinaron los siguientes atributos generales del mosto: grado alcohólico, acidez total y pH, empleando los métodos oficiales (OIV, 1990).

Se realizó un ANOVA de una vía para determinar las diferencias sobre los parámetros ecofisiológicos, agronómicos y la eficiencia de uso del agua total (precipitación + riego) y del agua de riego, teniendo en cuenta el tratamiento como factor. Las medias fueron separadas usando el test de Tukey HSD, empleando el software SPSS versión 20 (IBM, USA) para el análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los parámetros foliares medidos se ha observado una misma tendencia en los tres tratamientos, donde las precipitaciones de junio han minimizado la diferencia entre

tratamientos hasta el mes de agosto (Figura 1). Las mayores diferencias entre tratamientos se observaron el 4 de septiembre, coincidiendo con el momento de aplicación de los últimos riegos. A pesar de recibir diferentes dosis de riego, el tratamiento DI ha mostrado un comportamiento similar al tratamiento SDI, para el potencial hídrico de tallo al mediodía desde mediados de julio (Figura 1b). El potencial hídrico de tallo se ha mostrado más estable que el potencial hídrico foliar, donde este último sólo ha mostrado diferencias significativas al final de la campaña de riego, coincidiendo con lo expuesto por Choné et al. (2001), donde el potencial hídrico de tallo al mediodía es mostrado como el mejor indicador para el manejo del riego en el viñedo.

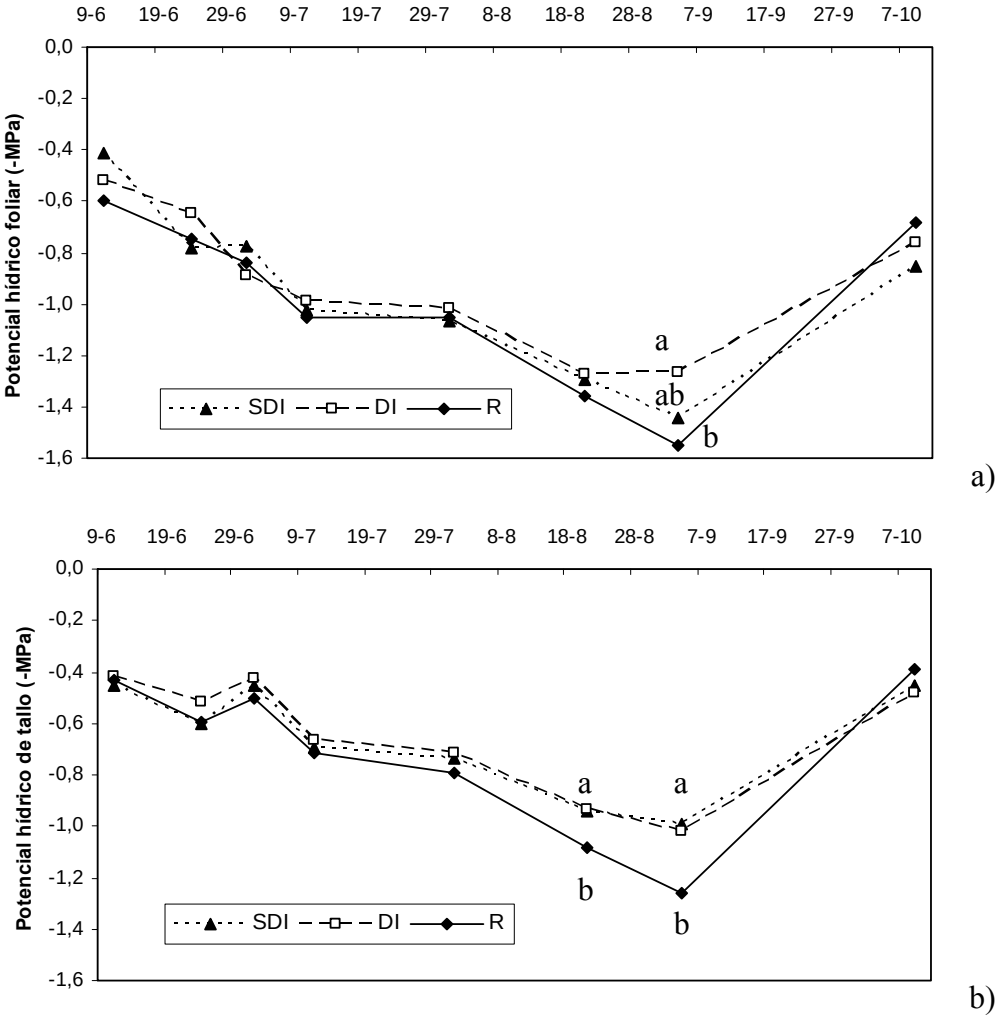


Figura 1. Tendencia del potencial hídrico de mediodía a lo largo de la campaña para los tres tratamientos considerados: a) potencial hídrico foliar; b) potencial hídrico de tallo. 2013. (Letras diferentes indican diferencias significativas a $P < 0,05$).
SDI- Riego por goteo subsuperficial, DI-Riego por goteo superficial, R-Secano.

En la vendimia (9 octubre) todos los tratamientos muestran un potencial hídrico foliar y de tallo al mediodía similar, permitiendo las lluvias del mes de septiembre la recuperación de las plantas bajo el tratamiento R. Silva et al. (2013), en el mismo viñedo y para la campaña 2012, obtuvieron potenciales hídricos foliares de mediodía más negativos, aproximándose a -1,2 MPa en vendimia para todos los tratamientos, lo que ha sido debido, probablemente a una menor cantidad de precipitación en 2012 (Tabla 1), a

aplicar una menor cantidad de agua de riego y al retraso en la vendimia del año 2013, posterior a las lluvias de septiembre. Para el cv. Mencía, en la DO Ribeira Sacra (Galicia), Martínez et al. (2013) obtuvo valores de potencial hídrico foliar más negativos, si bien empleando un medidor de actividad de agua para su determinación y bajo una demanda climática diferente.

Las producciones de uva por planta han sido mayores en los tratamientos regados, con una tendencia a un mayor peso del racimo y número de racimos en el tratamiento SDI frente al DI (Tabla 3), en principio generado por una mayor dosis de agua y materias activas. Estas diferencias han sido significativas frente al tratamiento R. Las producciones en los tratamientos regados han sido mayores que las obtenidas por Silva et al. (2013) en la misma parcela de ensayo en el año 2012, donde las producciones fueron de 2,28 y 1,57 (kg planta^{-1}), en DI y SDI, respectivamente. En la misma línea, González-Fernández et al. (2012), han obtenido producciones menores, en un ensayo sin riego sobre el cultivar Mencía pero injertados sobre 1103 Paulsen, llevado a cabo en Cacabelos (D.O. Bierzo) entre 2007 y 2010. González-Fernández et al. (2012) obtuvieron producciones superiores al tratamiento R en todos los años, pero inferiores al tratamiento SDI (2007: 1,84 – 2008: 2,96 – 2009: 3,29 – 2010: 3,34 kg pl^{-1}); los valores de producción para el tratamiento DI, difieren según los años. El efecto climático anual dificulta la interpretación de estos resultados, si bien, existe una tendencia en el año 2013 a mayores producciones empleando la fertirrigación que durante las cinco campañas previas.

Tabla 3. Parámetros de producción para el cv. Mencía según tratamiento de riego.

Tratamiento	Nº Racimos	Producción (kg planta^{-1})	Peso medio racimo (g)
R	11,7±4,2 a	1,81±1,3 a	144,9±55,1 a
DI	15,5±5,8 b	3,04±1,4 b	181,6±50,0 b
SDI	17,0±5,1 b	3,69±1,7 b	208,7±70,7 b

Letras diferentes en la columna indican diferencias significativas a P < 0,05.
SDI- Riego por goteo subsuperficial, DI-Riego por goteo superficial, R-Secano.

Los mostos analizados no han mostrado diferencias significativas, observándose una tendencia a una menor acidez en el tratamiento SDI (Tabla 4) y un mayor pH. La acidez total obtenida ha sido inferior en todos los tratamientos a la expuesta en trabajos previos (González-Fernández et al., 2012; Silva et al., 2013), este aspecto debe ser controlado puesto que valores bajos pueden dificultar la elaboración del vino.

Tabla 4. Parámetros básicos de los mostos para cada tratamiento.

Tratamiento	Acidez total (g tartárico L^{-1})	Grado alcohólico (%Vol.)	pH
R	4,61±0,58	12,8±1,8	3,09±0,1 a
DI	5,08±0,76	12,2±1,6	3,05±0,2 a
SDI	4,49±0,66	13,5±0,9	3,30±0,1 b

Letras diferentes en la columna indican diferencias significativas a P < 0,05.
SDI- Riego por goteo subsuperficial, DI-Riego por goteo superficial, R-Secano.

La fertirrigación no ha mostrado diferencias significativas en cuanto a parámetros cualitativos, con incrementos de producción para los tratamientos fertirrigados. Cabe mencionar que el coste de las materias activas aplicadas en el ensayo, se sitúa en los 500 € ha^{-1}, si bien se requiere implantar un tratamiento con exclusivamente agua de riego,

para poder evaluar el efecto de la aplicación de la fertirrigación y realizar el análisis de costes correspondiente. Los resultados no coinciden con los expuestos por Nielsen et al. (2010) para los cv. Merlot y Cabernet Sauvignon, que muestran efectos diversos según la campaña con la aplicación de nitrógeno en diferentes momentos del ciclo del viñedo.

La eficiencia del uso del agua total (WUE_T) empleada durante la campaña, (precipitación + riego) ha mostrado diferencias significativas entre los tratamientos regados y el tratamiento secano (Tabla 5). En el caso de la eficiencia del uso del agua de riego (WUE_I) no se han obtenido diferencias entre los tratamiento regados, si bien el tratamiento DI ha mostrado una mejor eficiencia en el uso del agua, frente al SDI.

Tabla 5. Eficiencia en el uso del agua.

Tratamiento	WUE_T (mm kg^{-1} m^2)	WUE_T (mm kg^{-1} m^2)
R	668,38	-
DI	408,55	76,14
SDI	407,27	87,81

Letras diferentes en la columna indican diferencias significativas a $P < 0,05$.
SDI- Riego por goteo subsuperficial, DI-Riego por goteo superficial, R-Secano.

CONCLUSIONES

El fertirriego aplicado entre cuajado y envero, genera mayores producciones, minimizando el estrés hídrico foliar de las plantas, sin detraer calidad del mosto final, con una tendencia a un mayor grado alcohólico para el caso del riego subsuperficial. El potencial hídrico de tallo se ha mostrado como un buen indicador del estado hídrico del viñedo, presentando diferencias significativas entre los tratamientos aplicados en un mayor número de días, que para el caso del potencial hídrico foliar, ambos medidos al mediodía. Ante un escenario de recursos escasos, agua y abono, el uso de la fertirrigación en el cv. Mencía se presenta como una herramienta de gestión del estrés del viñedo en la región del Bierzo, mostrando el tratamiento DI una mejor eficiencia del uso del agua que el tratamiento SDI. Es necesario repetir el ensayo en un mayor número de campañas, además de cuantificar los costes de la implementación del sistema de fertirrigación y de las materias activas, e incorporar un nuevo tratamiento sólo riego.

Agradecimientos

A la empresa NaanDanJain Ibérica por la cesión del material de riego empleado en el ensayo y a la Bodega Luna Beberide por su colaboración en la implementación del ensayo.

Referencias

AEMET (2013). Valores climatológicos normales. En: http://www.aemet.es

BOE (1989). Orden de 11 de noviembre de 1989 por el que se aprueba el Reglamento de la Denominación de Origen Bierzo y su Consejo Regulador.

Bravdo, B. (2008). Nutrient management in table and wine grapes by fertigation. Acta Horticulturae (ISHS) 785:165-174. http://www.actahort.org/books/785/785_20.htm

Choné, X., van Leeuwen, C., Dubordieu, D., Gaudillère, J.P. (2001). Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status. Annals of Botany, 87, 477–483.

Dafonte, J., Raposo, J.R., Valcárcel, M., Fandiño, M., Martínez, E.M., Rey B.J., Cancela, J.J. (2013). Utilización de la tomografía eléctrica resistiva para estimar el contenido de agua en el suelo en viña bajo diferentes sistemas de riego. En: Dafonte, J., Cancela, J.J., López, A., López, N., Martínez, E.M., Valcárcel, M. (eds.). Estudios en la Zona no Saturada del Suelo, Vol XI, pp 57-62.

García-Escudero, E. (2007). Efectos del riego en la composición del mosto y vino. In: Fundamentos, aplicación y consecuencias del riego en la vid. Ed. Agrícola Española, S.A. ISBN: 84-85441-86-9.

González-Fernández, A.B., Marcelo, V., Valenciano, J.B., Rodríguez-Pérez, J.R. (2012). Relationship between physical and chemical parameters for four commercial grape varieties from the Bierzo region (Spain). Scientia Horticulturae, 147, 111-117.

Martínez, E.M., Fandiño, M., Rey, B.J., Cancela, J.J. (2013). Plant water status: evaluating stress using soil-plant indices in *Vitis vinifera* cv. Mencía. Ciência Téc. Vitiv. Volume 28. Proceedings 18th International Symposium GiESCO. 7-11 July 2013. Porto, Portugal, 162-166.

Neilsen, G.H., Neilsen, D., Bowen, P., Bogdanoff, C., Usher, K. (2010). Effect of timing, rate and form of N fertilization on nutrition, vigor, yield, and berry yeast-assimilable N of grape. Amercian Journal of Enology Viticultor, 61, 327-336.

Scholander, P.F., Hammel, H.J., Bradstreet, A., Hwemmingsen, E.A. (1965). Sap pressure in vascular plants. Science 148 339-346

Silva, N.R.F., Modesto, L.R., Nogueira, D.B., Magalhaes, D.M., Ramon, R., Martínez, E.M., Fandiño, M., Rey, B.J., Cancela, J.J. (2013). Riego por goteo de la variedad Mencía: comportamiento fisiológico y agronómico (DO Bierzo). En: Nuevas perspectivas en investigación vitivinícola – GIENOL 2013, Madrid. pp 9-12.

Williams, L.E, Araujo, F.J. (2002). Correlations among predawn leaf, midday leaf, and midday stem water potential and their correlations with other measures of soil and plant water status in *Vitis vinifera*. Journal of American Society for Horticultural Science, 127(3), 448-454.

Fotosíntesis, conductancia estomática y potencial hídrico: relación y respuesta como indicadores del estado hídrico del cv. Verdejo, sometido a diferentes regímenes hídricos en la D.O. Rueda

J. Yuste* y A. Vicente.

Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. Ctra. Burgos km 119, 47071, Valladolid. *E-mail: yusbomje@itacyl.es

Resumen

La respuesta fisiológica del viñedo al régimen hídrico de cultivo es la base de su comportamiento agronómico. Dicha respuesta obedece al estado hídrico de la cepa, que puede ser estimado a través del potencial hídrico de hoja o de xilema. El conocimiento de las relaciones entre el potencial hídrico y la actividad fisiológica puede facilitar la gestión del riego y del cultivo, de ahí el interés por profundizar en su estudio, según la variedad de vid, el lugar y el régimen hídrico aplicado al viñedo. Se ha estudiado, a lo largo del período 2012-2013, la respuesta del cv. Verdejo, en un ensayo experimental conducido en espaldera, a la variación del régimen hídrico según tres tratamientos experimentales: S00 (no riego, 0% ETo), R25 (25% ETo) y R50 (50% ETo). El riego se ha aplicado desde la parada de crecimiento vegetativo de pámpanos principales hasta vendimia. La cantidad total de agua aplicada ha sido: 125 y 104 mm en R25 y 251 y 208 mm en R50, en 2012 y 2013 respectivamente. Se han llevado a cabo medidas de potencial hídrico, de conductancia estomática y de fotosíntesis neta en hoja.La conductancia estomática (g_s) y la fotosíntesis neta (A_N) han mostrado diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, con mayor notoriedad entre el secano y el riego R25 que entre los tratamientos regados, R25 y R50. La correlación lineal entre ambos parámetros ha sido moderada, aunque algo mayor en 2012 que en 2013. El nivel de correlación observado en la regresión entre los parámetros fotosintéticos y los distintos tipos de potencial hídrico fue mayor en 2013 que en 2012. El grado de correlación de las medidas fisiológicas ha correspondido en general a las siguientes medidas de potencial hídrico, en orden decreciente: antes de amanecer, 9 hs, potencial del xilema y 12 hs. En resumen, la actividad fisiológica responde al régimen hídrico establecido, pero con distinto grado de correlación entre conductancia y fotosíntesis y con respecto a las diversas medidas de potencial hídrico según la hora y el año.

Palabras clave: Cámara de presión, IRGA, riego, secano, xilema.

INTRODUCCIÓN

La respuesta fisiológica del viñedo al régimen hídrico de cultivo es la base de su comportamiento agronómico, a través de la síntesis de carbohidratos derivados de la fotosíntesis (Smart y Robinson, 1991). La fuerte correlación curvilínea entre la fotosíntesis y la conductancia estomática encontrada en diversas situaciones es debida al cierre estomático, que constituye una de las primeras respuestas de la planta al estrés hídrico (Medrano et al., 2002; Chaves et al., 2010). En respuesta a situaciones de estrés hídrico y ante un aumento del déficit de presión de vapor, las plantas regulan su nivel de transpiración controlando la apertura de sus estomas, tratando de mantener el potencial de agua de los tejidos y la integridad del xilema (Prieto et al., 2010).

La conductancia estomática parece mostrar buena respuesta a las variaciones de estrés hídrico aunque más variable que el potencial hídrico foliar (Intrigliolo y Castel, 2006), que ha sido admitido como un buen estimador del estado hídrico de la cepa en

diversas situaciones (Yuste et al., 2004). Dado que existen diversas posibilidades de medida del potencial hídrico (hojas soleadas u hojas embolsadas) a distintas horas (antes del amanecer, mañana, mediodía) como indicadores del estrés hídrico de la planta, el conocimiento de las relaciones entre el potencial hídrico y la actividad fisiológica puede facilitar la gestión del riego y del cultivo según la variedad y el régimen hídrico aplicado al viñedo (Yuste et al., 2004; Chaves et al., 2010; Prieto et al., 2010), de ahí el interés por profundizar en su estudio en lugares y condiciones específicos de cultivo de la vid.

El objetivo de este estudio es determinar la respuesta de la conductancia estomática y de la fotosíntesis neta a diferentes regímenes hídricos, así como sus relaciones con el potencial hídrico del viñedo, en cv. Verdejo cultivado en la D.O. Rueda.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha estudiado en 2012 y 2013 la respuesta hídrica y fisiológica del cv. Verdejo, en un ensayo experimental conducido en espaldera, a la variación del régimen hídrico a través de tres tratamientos experimentales: S00 (no riego, 0% ETo), R25 (25% ETo) y R50 (50% ETo). El riego se ha aplicado desde parada de crecimiento vegetativo de pámpanos principales hasta vendimia. La cantidad total de agua aplicada ha sido: 125 y 104 mm en R25 y 251 y 208 mm en R50, en 2012 y 2013 respectivamente.

La conductancia estomática y la fotosíntesis neta han sido medidas mediante analizador de intercambio de gases tipo IRGA (Li-Cor 6400, USA), en hojas adultas sanas situadas en la zona media del pámpano, bien expuestas a la radiación solar. Dichas medidas se han efectuado desde mediados de julio a finales de septiembre, con periodicidad mensual a las 9 (Ψ_9) y a las 12 (Ψ_{12}) hs (hora solar), en 3 repeticiones de 2 cepas (1 hoja de cada cepa) por tratamiento. Las hojas objeto de medida han sido sometidas a control de potencial hídrico foliar, mediante cámara de Scholander. Además se ha medido el potencial hídrico foliar antes del amanecer (Ψ_{aa}) y el de xilema a las 12 hs (Ψ_x) con idéntico número de repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tanto la conductancia estomática como la fotosíntesis neta han mostrado, en la mayoría de los casos, diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos aplicados, con mayor notoriedad entre el secano, más desfavorecido, y el riego R25 que entre los tratamientos regados, R25 y R50 (Tablas 1, 2).

Los resultados han mostrado una moderada correlación lineal entre conductancia y fotosíntesis tanto a las 9-hs como a las 12-hs, algo más elevada en 2012 (R^2=0,69-0,86) que en 2013(R^2=0,55-0,80) (Figura 1).

El potencial hídrico antes del amanecer mostró diferencias entre los tres tratamientos a lo largo del periodo de medidas, aunque la varianza de los datos no siempre ha generado diferencias estadísticamente significativas entre R25 y R50, lógicamente favorables al incremento del riego aplicado (datos en Vicente y Yuste, 2014).

Los valores de potencial a las 9-hs mostraron una tendencia de separación de los tres tratamientos, pudiendo ser éste un buen indicador del régimen hídrico sufrido, a pesar de que la varianza de los datos no permitió que las diferencias fuesen estadísticamente significativas algunos días. El potencial hídrico foliar a las 12-hs también permitió discriminar significativamente los tratamientos a partir del envero. El potencial de xilema

(12-hs) permitió discriminar los tres tratamientos con diferencias estadísticamente significativas con regularidad en 2012, mientras que en 2013 mostró la misma tendencia pero la mayor desviación estándar de las medidas hizo que las diferencias no fueran estadísticamente significativas tan a menudo (datos en Vicente y Yuste, 2014).

El nivel de correlación observado en la regresión entre los parámetros fisiológicos, conductancia (g_s) y fotosíntesis neta (A_N), y los distintos tipos de potencial hídrico fue mayor en 2013 (media: R^2=0,59) que en 2012 (media: R^2=0,31), año de mayor estrés hídrico y térmico para las plantas, en que dicha correlación fue muy baja (Figuras 2 a 5).

La correlación de ambos parámetros fisiológicos fue claramente mayor con el potencial de base (ψ_{aa}) que con el de xilema (ψ_x) en 2012 (media: R^2=0,44 frente a R^2=0,20) (Figuras 2, 4), mientras que en 2013 dicha tendencia se invirtió (media: R^2=0,54 frente a R^2=0,67), con valores más altos en este año (Figuras 3, 5).

El nivel de correlación de la conductancia mostró en general valores similares que el de la fotosíntesis, tanto respecto al potencial de base (ψ_{aa}) como al potencial de xilema (ψ_x), aunque con ciertas diferencias favorables en 2013 (media: R^2=0,68 frente a R^2=0,53) que no se observaron en 2012 (media: R^2=0,28 frente a R^2=0,34) (Figuras 2 a 5).

La correlación de la conductancia y de la fotosíntesis, medidas a la misma hora que el potencial hídrico, mostró valores más altos con respecto al potencial hídrico foliar a las 9-hs (media en 2012: R^2=0,47, en 2013: R^2=0,64) que con respecto al de las 12-hs (media en 2012: R^2=0,11, en 2013: R^2=0,50) (Figuras 2 a 5).

CONCLUSIONES

La conductancia y la fotosíntesis han mostrado diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, con mayor notoriedad entre el secano y el riego R25 que entre los tratamientos regados, R25 y R50. La correlación lineal entre ambos parámetros ha sido moderada tanto a las 9-hs como a las 12-hs, aunque algo mayor en 2012 que en 2013.

Las distintas medidas de potencial hídrico (Ψ_{aa}, Ψ_9, Ψ_{12}, Ψ_x) han mostrado, en general, capacidad de discriminación entre los regímenes hídricos establecidos. El nivel de correlación observado en la regresión entre los parámetros fisiológicos, conductancia y fotosíntesis, y los distintos tipos de potencial hídrico fue mayor en 2013 (R^2=0,59), que en 2012 (R^2=0,31), en que fue muy bajo. La correlación de ambos parámetros fisiológicos fue mayor con el potencial de base que con el de xilema en el año más seco, 2012, mientras que dicha tendencia se invirtió en el año menos seco, 2013.

La correlación de la conductancia mostró valores similares que la de la fotosíntesis tanto con respecto al potencial de base como al potencial de xilema, aunque algo más favorables en 2013. La correlación de la conductancia y de la fotosíntesis mostró valores más altos con respecto al potencial hídrico a las 9-hs que a las 12-hs.

En definitiva, el viñedo ha mostrado una respuesta fisiológica acorde al régimen hídrico aplicado, que se ha correspondido de forma variable con las distintas medidas de potencial hídrico dependiendo de la hora y de las condiciones climáticas anuales.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación del proyecto INIA RTA2011-00100-C05, la ayuda del Grupo de Viticultura del ITACyL y el soporte del Grupo Yllera.

Referencias

Chaves, M.M., Zarrouk, O., Francisco, R., Costa, J.M., Santos, T., Regalado, A.P., Rodrigues, M.L., Lopes, C.M. (2010). Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. Annals of Botany, 105, 661-676.

Intrigliolo, D.S., Castel, J.R. (2006). Vine and soil-based measures of water status in a Tempranillo vineyard. Vitis: Journal of Grapevine Research, 45(4), 157-163.

Medrano, H., Escalona, J.M., Bota, J., Gulías, J., Flexas, J. (2002). Regulation of photosynthesis of C3 plants in response to progressive drought: stomatal conductance as a reference parameter. Annals of Botany, 89, 895-905.

Prieto, J.A., Lebon, E., Ojeda, H. (2010). Stomatal behaviour of different grapevine cultivars in response to soil water status and air water vapour pressure deficit.Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, 44(1), 9-20.

Smart, R., Robinson, M. (1991).Sulight into wine: A handbook for winegrape canopy management. Ed. Winetitles, Adelaide (Australia), 72 pp.

Vicente, A., Yuste, J. (2014). Potenciales hídricos de hoja y de xilema: respuesta como indicadores del estado hídrico del viñedo, en cv. Verdejo sometido a diferentes regímenes hídricos en la D.O. Rueda. I Jornadas de Viticultura de la SECH, Logroño, 19-20 noviembre.

Yuste, J., Gutiérrez, I., Rubio, J.A., Alburquerque, M.V. (2004). Réponse des potentiels hydriques de la feuille et du xylème comme indicateurs de l'état hydrique de la vigne, cépage Tempranillo, soumis à différents régimes hydriques dans la vallée du Douro. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, 38(1), 21-26.

Tabla 1. Fotosíntesis A_N (µmol $C0_2/m^2$.s) y conductancia estomática g_s (mmol H_20/m^2.s) medidos a las 9-hs y a las 12-hs en 2012.

	A_N-9				A_N-12			
Trat.	**18-jul**	**16-ago**	**30-ago**	**12-sep**	**18-jul**	**16-ago**	**30-ago**	**12-sep**
S00	3,3 ± 1,9 b	7,1 ± 2,5 b	6,6 ± 0,9 b	5,0 ± 2,5 b	1,1 ± 0,8	6,9 ± 1,9 c	8,4 ± 0,7 b	3,1 ± 2,4 b
R25	10,1 ± 1,8 a	17,6 ± 0,6 a	15,9 ± 2,5 a	14,4 ± 2,7 a	3,8 ± 0,4	13,8 ± 1,3 b	15,5 ± 1,6 a	10,5 ± 3,3 a
R50	10,9 ± 3,5 a	18,7 ± 1,2 a	18,9 ± 0,6 a	18,5 ± 0,9 a	3,9 ± 3,2	17,4 ± 1,3 a	18,4 ± 1,9 a	12,5 ± 1,5 a
Sig.	*	**	**	**	n.s.	**	**	**
P	0,018	0,000	0,000	0,001	0,052	0,000	0,000	0,008
	g_s-9				**g_s-12**			
Trat.	**18-ago**	**16-ago**	**30-ago**	**12-sep**	**18-jul**	**16-ago**	**30-ago**	**12-sep**
S00	11 ± 19 b	45 ± 24 c	36 ± 10 c	37 ± 42 b	2 ± 3 b	9 ±16 c	40 ± 9 c	14 ± 17 c
R25	46 ± 18 ab	208 ± 6 b	149 ± 39 b	145 ± 99 b	10 ± 14 ab	92 ± 13 b	143 ± 36 b	67 ± 12 b
R50	67 ± 37 a	250 ± 11 a	233 ± 25 a	321 ± 25 a	29 ± 10 a	147 ± 28 a	207 ± 26 a	162 ± 31 a
Sig.	n.s.	**	**	**	n.s.	**	**	**
p	0,096	0,000	0,000	0,005	0,048	0,000	0,001	0,000

* Para todas las Tablas: Nivel de significación estadística: (n.s.) no significativo, (*) p<0,05, (**) p<0,01.
** Para todas las Tablas: letras diferentes indican valores estadísticamente distintos.

Tabla 2. Fotosíntesis A_N (µmol $C0_2/m^2$.s) y conductancia g_s (mmol H_20/m^2.s) a las 9-hs y 12-hs en 2013.

	A_N-9					A_N-12				
Trat.	**17-jul**	**13-ago**	**29-ago**	**11-sep**	**26-sep**	**17-jul**	**13-ago**	**29-ago**	**11-sep**	**26-sep**
S00	22,5±1,0	14,7±1,6 b	10,2±4,9	11,5±2,3 b	11,1±2,7	19,9±1,9	8,8±2,8 b	10,1±0,4 c	8,8±1,8 b	6,8±2,3 b
R25	23,7±3,6	19,5±2,9 a	16,3±2,1	16,2±3,6 ab	14,3±5,1	20,2±2,3	15,6±4,0 ab	14,9±1,0 b	16,7±3,7 a	11,9±2,3 a
R50	21,4±1,8	22,1 ±1,3a	17,7±1,8	20,9±0,7 a	18,0±4,6	20,9±1,1	19,3±4,2 a	18,6±1,3 a	17,7±1,7 a	12,7±1,0 a
Sig.	n.s.	*	n.s.	*	n.s.	n.s.	*	**	*	*
p	0,547	0,012	0,062	0,011	0,216	0,819	0,035	0,000	0,010	0,020
	g_s-9					**g_s-12**				
Trat.	**17-jul**	**13-ago**	**29-ago**	**11-sep**	**26-sep**	**17-jul**	**13-ago**	**29-ago**	**11-sep**	**26-sep**
S00	408±75	95±38 b	83±11 b	39±12 b	33±13	218±18	49 ±10 b	46±2 b	42±17	21±9
R25	477±85	170±53 ab	135±41 a	67±27 ab	55±26	217±43	103±47 ab	83±19 a	79±42	38±22
R50	435±85	199±23 a	168±16 a	105±22 a	68±18	225±23	158±43 a	115±21 a	103±14	53±19
Sig.	n.s.	*	*	*	n.s.	n.s.	*	**	n.s.	n.s.
p	0,607	0,046	0,019	0,026	0,170	0,937	0,030	0,006	0,087	0,158

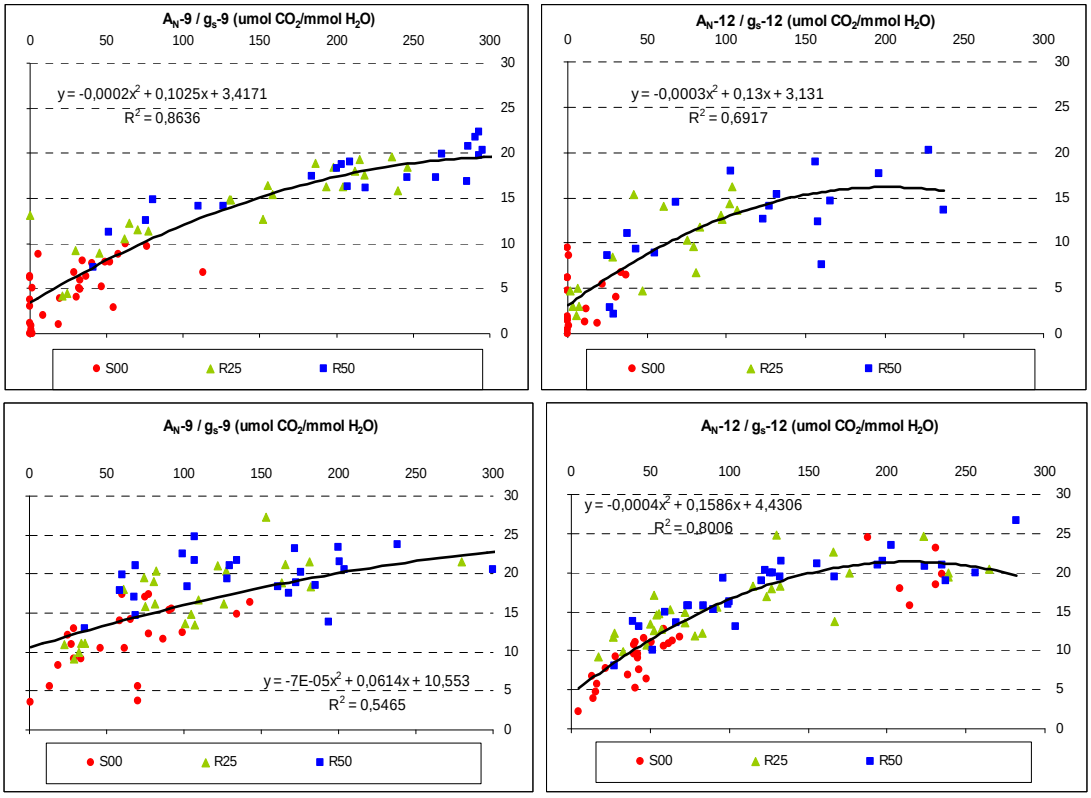
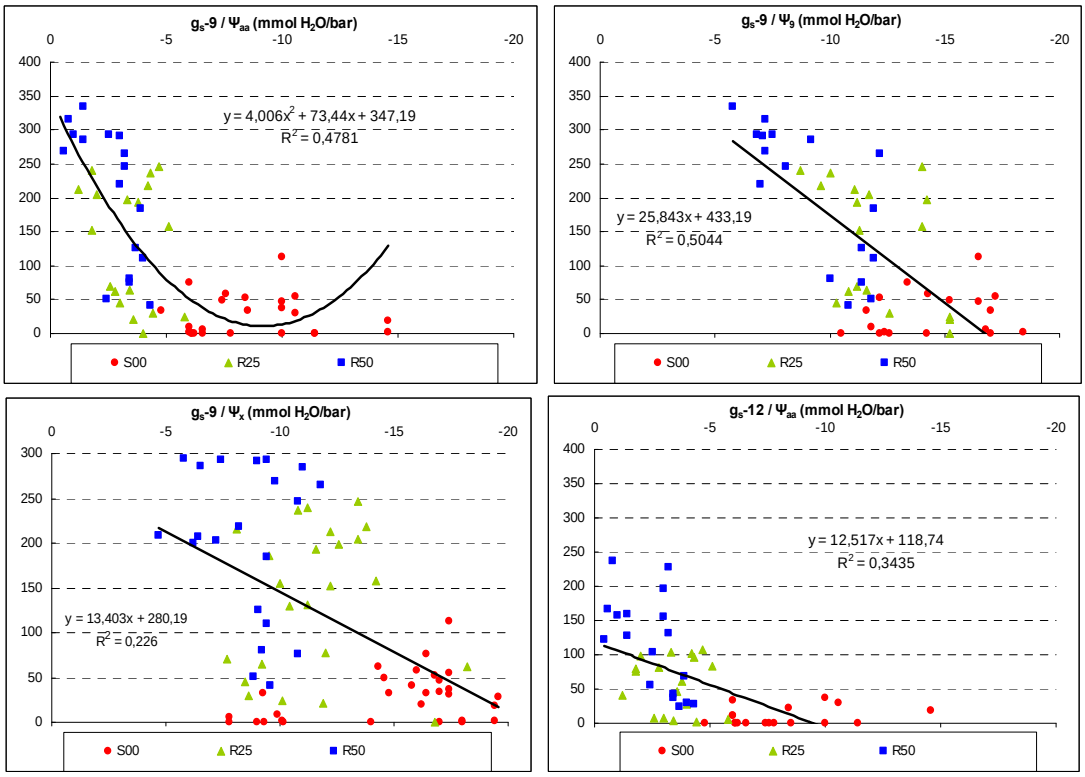


Figura 1. Regresión entre Fotosíntesis A_N y Conductancia g_s a 9-hs y 12-hs, en 2012 (arriba) y 2013 (abajo).



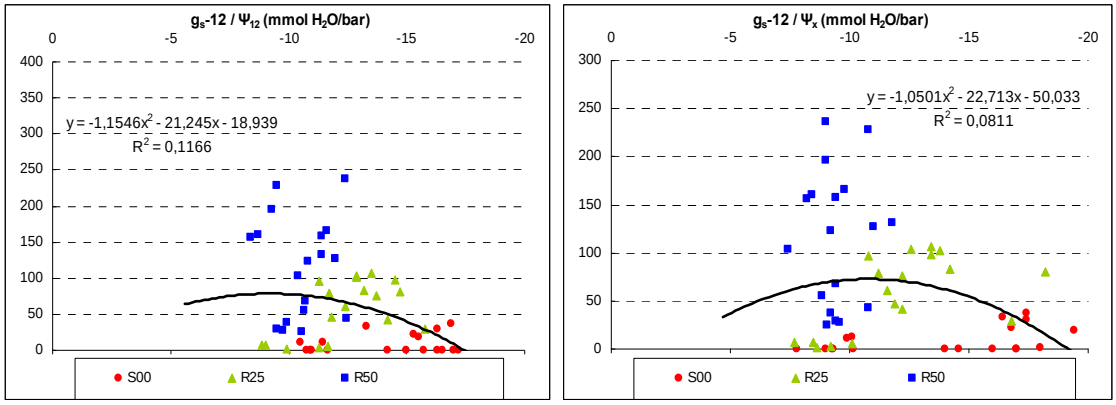


Figura 2. Regresión entre valores de Conductancia estomática g_s y Potencial hídrico (Ψ) en 2012.

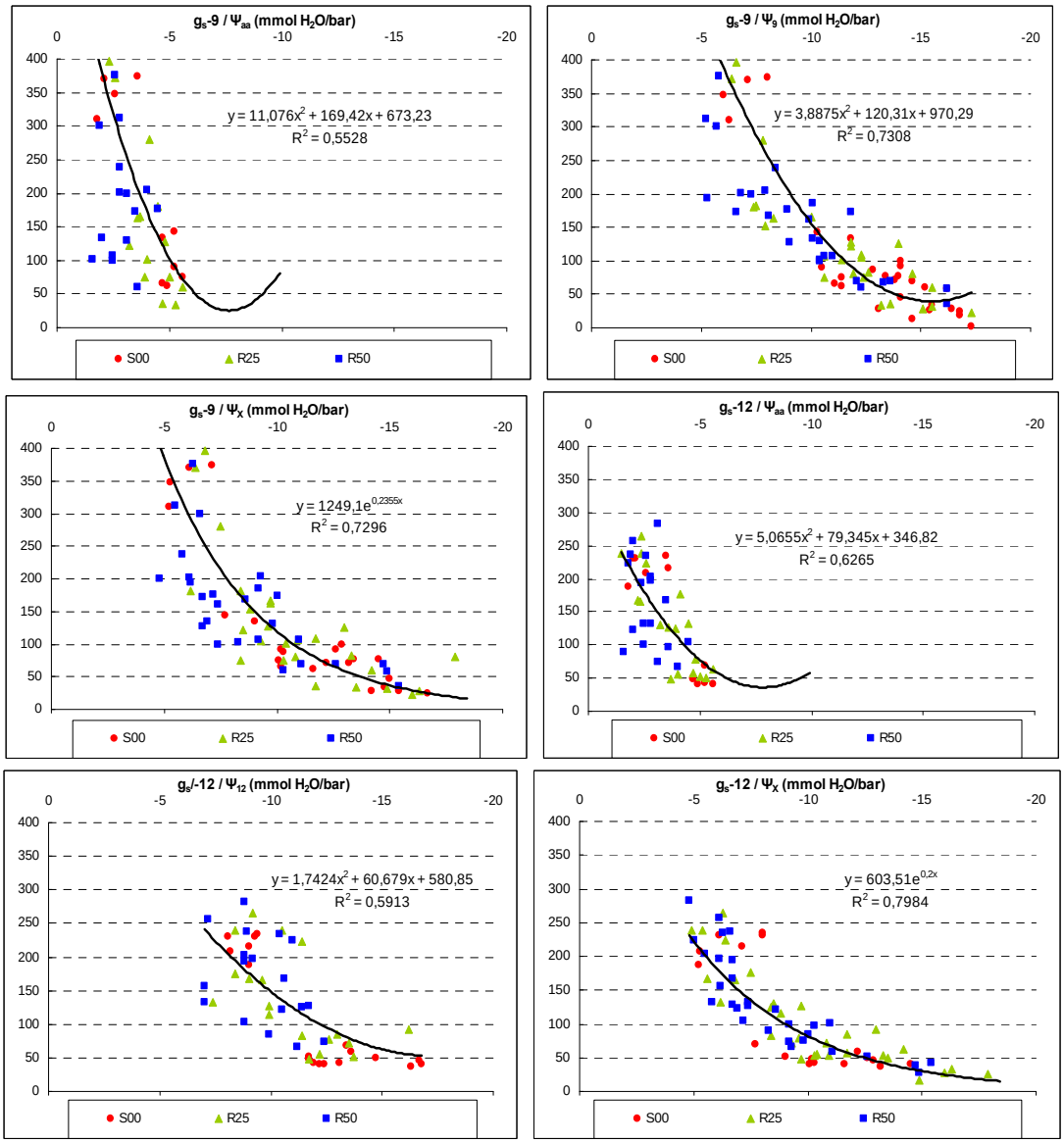


Figura 3. Regresión entre valores de Conductancia estomática g_s y Potencial hídrico (Ψ) en 2013.

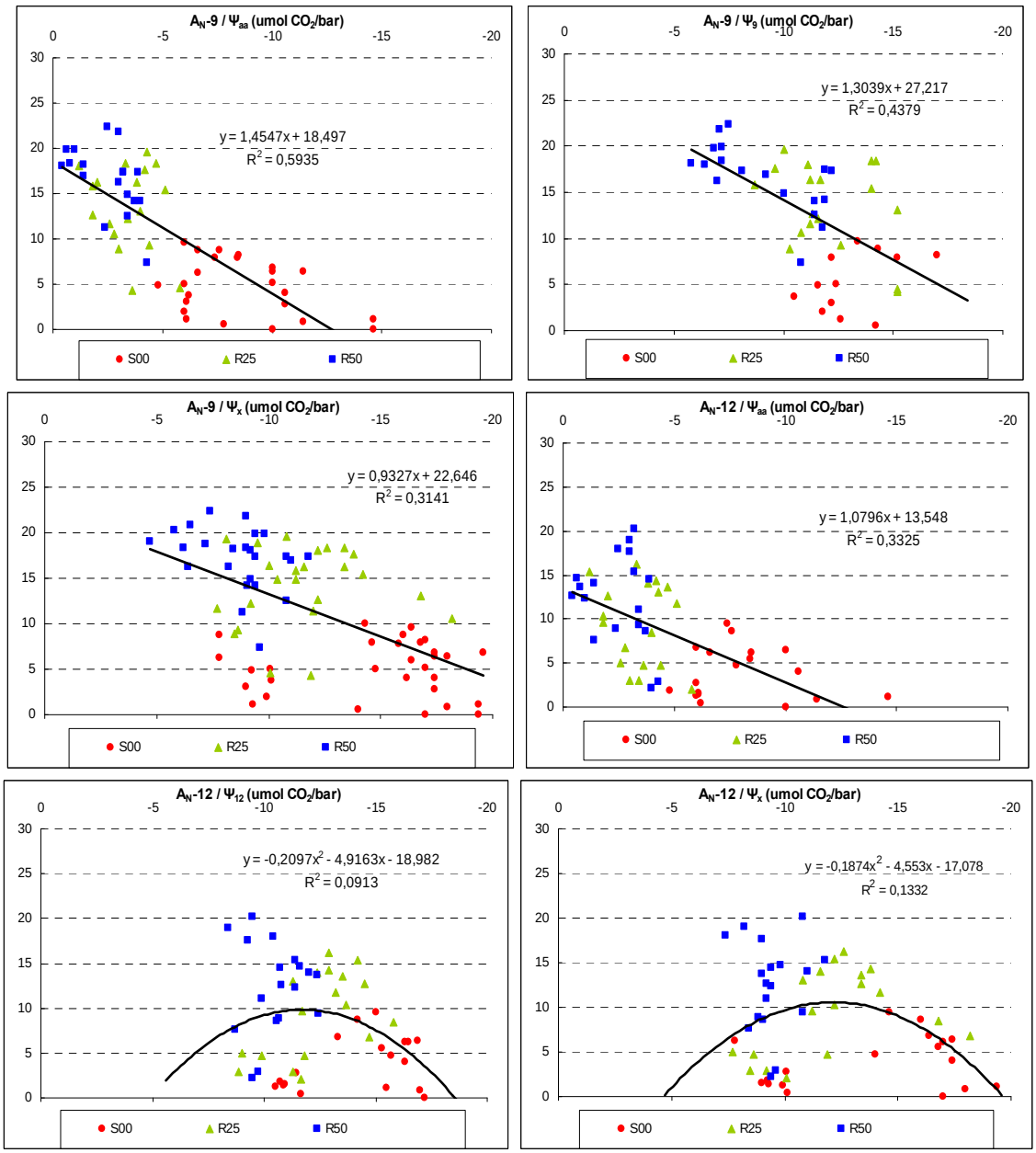


Figura 4. Regresión entre valores de Fotosíntesis neta A_N y Potencial hídrico (Ψ) en 2012.

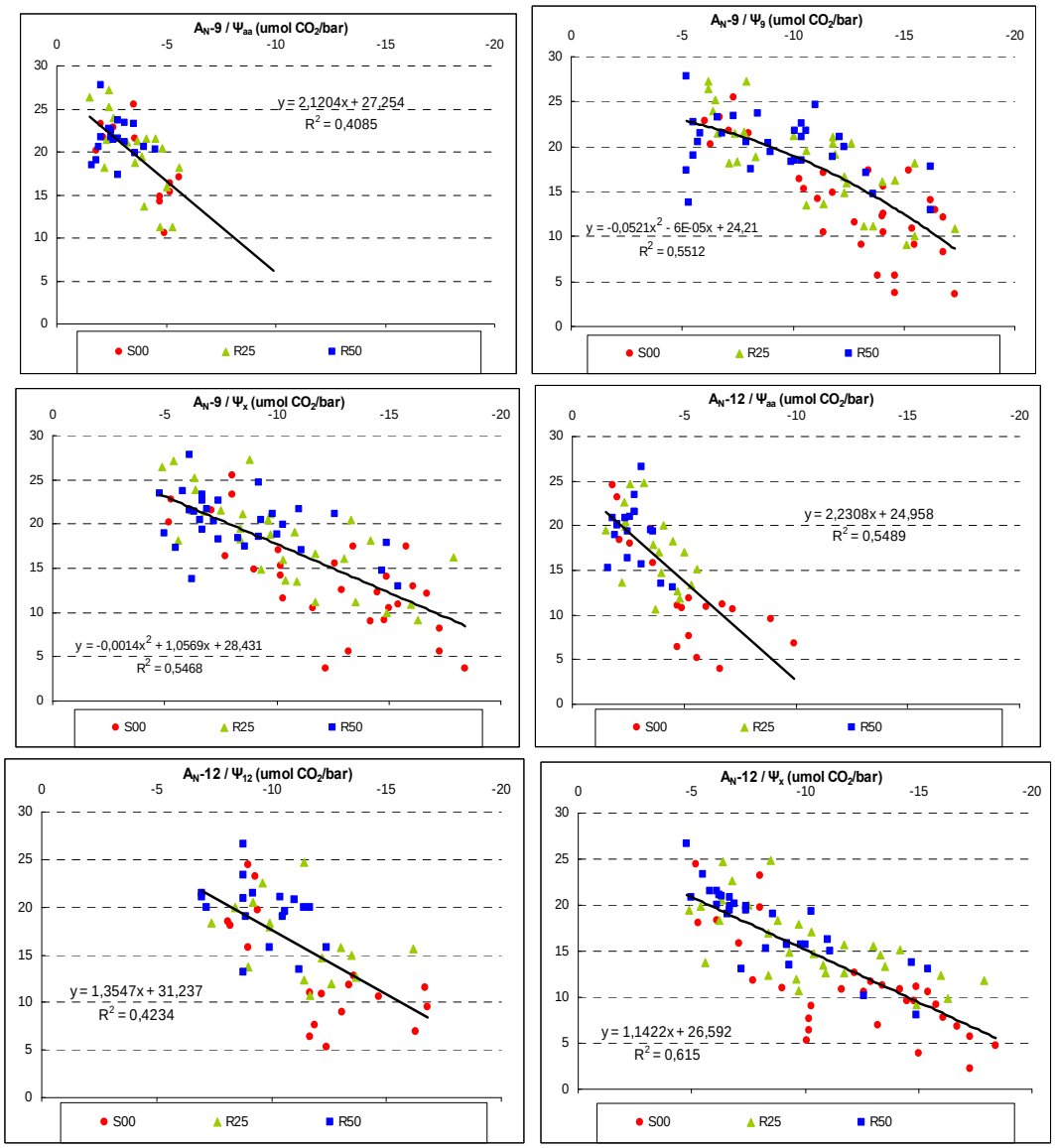


Figura 5. Regresión entre valores de Fotosíntesis neta A_N y Potencial hídrico (Ψ) en 2013.

Efectos del régimen de riego sobre la producción y calidad de la uva en la variedad 'Bobal' en Requena

F. Sanz[1], A. Yeves[1], D. Pérez[1], J. Castel[1], C. Chirivella[2], V. Lizama[3], M.J. García-Esparza[3], I. Álvarez[3] y D.S. Intrigliolo*[1,4].

1 Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Centro Desarrollo Agricultura Sostenible, Apartado Oficial 46113, Moncada, Valencia.
2 Generalitat Valenciana, Instituto Tecnológico de Viticultura y Enología.
3 Universidad Politécnica de Valencia, Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo.
4 Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC), Campus Universitario Espinardo, 30100, Murcia.
*E-mail: dintri@cebas.csic.es

Resumen

En este trabajo se resumen los resultados de un ensayo de dos años de duración llevado a cabo en un viñedo de la variedad 'Bobal' plantado en espaldeara y situado en el término municipal de Requena (interior de la provincia de Valencia). Se estudió el efecto de dos regímenes de riego (deficitario y óptimo) frente a un tratamiento de secano. En el tratamiento de más riego, se aportaron 2355 m^3/ha llegando a doblar la producción frente al secano (9255 frente a 4434 kg/ha). Sin embargo, el riego aportado necesario para mantener el cultivo en un estado hídrico óptimo durante todo el año, provocó un claro descenso en la concentración de azucares, polifenoles y antocianos de la uva, y parecidos efectos en el vino resultante. Con la estrategia de riego deficitario, se aportaron solamente 768 m^3/ha, obteniéndose un incremento productivo frente al secano de un 17%. En comparación al secano, el riego deficitario no afectó a la calidad de la uva, en particular cuando se retrasó la vendimia cerca de una semana con respecto al secano. Los resultados permiten concluir que en la variedad Bobal cultivada en espaldera, el riego aportado a fin de cubrir las necesidades totales del viñedo es a todas luces perjudicial para la calidad de la uva. Para maximizar la calidad del vino, en la variedad 'Bobal' en la zona de Utiel-Requena, se recomienda por lo tanto una aportación moderada deficitaria de riego (unos 800 m^3/ha) con el fin de incrementar en un 17% la producción frente al secano, manteniendo los estándares de calidad de la uva y el vino.

Palabras clave: Composición de la uva, estrés hídrico, riego deficitario, *Vitis vinifera*.

INTRODUCCIÓN

La producción de vinos es la mayor actividad económica en las comarcas de la D. O. Utiel-Requena con cerca de 41.000 ha plantadas de vid. Tradicionalmente los viñedos en esta zona han sido cultivados en secano, pero en los últimos quince años tras la derogación en 1997 de la ley que prohibía el uso del riego en viticultura para vinificación, el empleo del riego por goteo, en particular, ha aumentado notablemente.

La variedad 'Bobal' es la predominante en la comarca y en trabajos anteriores se determinó el efecto del riego sobre la producción y la calidad del vino en esta variedad

cultivada en vaso (Salón et al., 2005). Con una aportación del riego de entorno a 100 mm concentrada en el periodo pre-envero, se puede prácticamente doblar la producción, a expensas de una considerable disminución de la carga antociánica y del color de los vinos.

Estudios posteriores llevados a cabo por nuestro grupo de investigación con la variedad 'Tempranillo' también en Utiel-Requena demostraron que, para no afectar negativamente la calidad de la uva o incluso mejorarla frente al secano, era más conveniente la aplicación moderada del riego durante el periodo post-envero de maduración de la uva (Yeves et al., 2011).

En este trabajo hemos resumido los principales resultados de un ensayo de 2 años de duración comparando los efectos de distintas dosis de riego por goteo (óptima o deficitaria) sobre la producción, crecimiento de las cepas y calidad del mosto y vinos en la variedad 'Bobal' cultivada en espaldera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se realizaron en una parcela comercial, propiedad de la Fundación Lucio Gil de Fagoaga de 1.2 ha plantada en 2002 de *Vitis vinifera* cv. 'Bobal' sobre el patrón 110-R a un marco 2.5 por 1.5 m en Requena (39ºN, altitud 700 m) dentro de la circunscripción de la denominación de origen Utiel-Requena. Hasta el comienzo de los ensayos en el año 2012, toda la parcela se regaba de forma deficitaria aplicando entorno a 50 mm/año en todas las cepas. El suelo de la parcela, característico de la comarca, es de textura franco arcillosa a arcillosa ligera con una profundidad útil de entorno a 2 m. La capacidad de retención de agua es de unos 180 mm/m y la densidad aparente de 1.43 a 1.55 t/m3.

El clima es de tipo continental semiárido con una pluviometría anual media de 450 mm, de los cuales el 65% ocurren en el periodo de reposo vegetativo. Los datos de pluviometría y evapotranspiración de referencia durante el periodo experimental (2012-2013) se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Precipitación y demanda evaporativa (ETo), registradas en cada año.

Variable climática	2012	2013
Precipitación de vendimia a vendimia (mm)	281	503
Precipitación de abril a octubre (mm)	199	361
ET_0 de abril a octubre (mm)	986	934

La parcela experimental consta de tres tratamientos en un diseño de bloques completo al azar, con 4 repeticiones de 35 plantas por parcela elemental con 5 filas y 7 cepas por fila. Las filas exteriores se emplearon como guarda.

Dos tratamientos de riego se compararon con un Secano. Los tratamientos de riego fueron: Riego máximo u optimo, regado al 100% de las necesidades estimadas del cultivo (ETc) de forma que el agua en el suelo disponible para la planta fuera no limitante durante todo la campaña y Riego deficitario, regado remplazando únicamente el 35% de la ETc.

La evapotranspiración del cultivo se estimó como producto de la evapotranspiración de referencia (ET_0) y del coeficiente de cultivo (Kc). La ET_0 fue

calculada por Penman-Monteith con los datos de una estación meteorológica automatizada del Servicio de Tecnología del Riego instalada en la misma parcela. El riego normalmente empezó en junio dependiendo del contenido de agua en el suelo y de la lluvia ocurrida durante el invierno anterior. El Kc empleado en el tratamiento de máximo riego varió a lo largo de la estación según el esperado desarrollo del cultivo y se incrementó gradualmente desde 0.25 en Junio hasta 0.55 en Agosto. Las cepas se regaron por goteo con 1 emisor de 4 l/h por cepa. Todos los tratamientos se fertilizaron con 30-20-60-16 kg ha^{-1} de N, P_2O_5, K_2O, y MgO, respectivamente.

La producción se determinó en cada una de las 3 filas interiores de cada parcela experimental. El peso de la baya se determinó en muestras al azar de 200 bayas por parcela experimental. A lo largo de la campaña se cuantificó el estado hídrico de las cepas midiendo el potencial hídrico de hoja embolsada (Ψtallo) en 16 cepas por tratamiento y una hoja por cepa.

Los principales componentes de calidad de los mostos se determinaron en las mismas muestras de bayas utilizadas para la determinación del peso medio de baya. Los sólidos solubles totales (ºBrix) se determinaron por refractometría. El pH del mosto y su acidez se determinaron mediante un titulador automático. Los ácidos orgánicos (málico y tartárico) se determinaron mediante HPLC y el etanol en vinos se analizó mediante cromatografía de gases. La intensidad de color de los vinos (OD420+OD520+OD620), antocianos (OD520 in HCl media), y polifenoles totales (OD280) se analizaron mediante espectrofotometría.

Para las microvinificaciones, las uvas de los distintos tratamientos se recogieron en el momento de la vendimia, realizado el mismo día en todos los tratamientos. Las microvinificaciones se realizaron en la bodega experimental de la Estación de Enología y Viticultura de Requena en muestras de 30-40 kg por cada parcela experimental. Las uvas se prensaron con una prensa mecánica y la fermentación ocurrió en contenedores de acero inoxidable a una temperatura de aproximadamente 25ºC. Todas las vinificaciones se inocularon con levadura comercial a una concentración 100 mg/kg. El tiempo de contacto de los hollejos con el mosto en fermentación fue de 7 días y durante este periodo se aplicó bazuqueo automáticamente cada 4 horas.

El análisis estadístico de los datos consistió en análisis de la varianza y test de Duncan para comparaciones de los distintos tratamientos entre sí.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las medidas de potencial hídrico de tallo reflejan claras diferencias en el estado hídrico de las cepas entre los distintos tratamientos en cada año y también entre años experimentales (Figura 1).

Así pues, en el 2013, en general todos los tratamientos estuvieron más hidratados (valores de Ψtallo menos negativos) debido a que la precipitación registrada durante la campaña 2013 fue mucho mayor que en 2012 (Tabla 1). Cabe destacar que, en particular en el año 2012, las cepas del secano sufrieron un estrés hídrico muy severo.

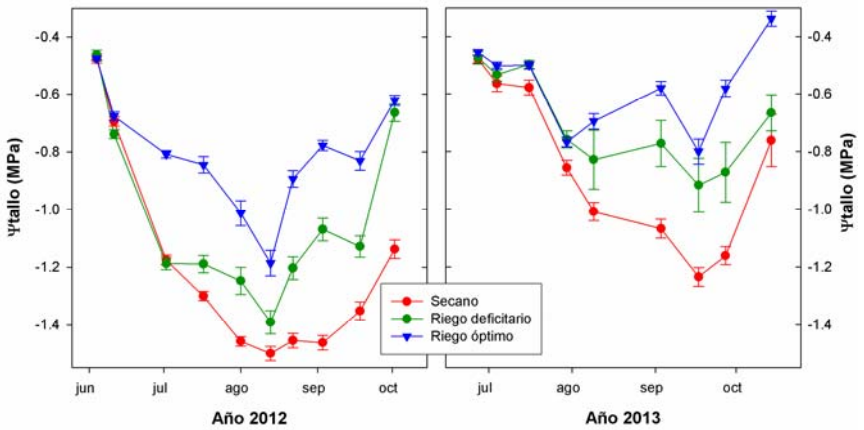


Figura 1. Evolución del potencial hídrico de tallo (Ψtallo) en los distintos tratamientos de riego y años experimentales. Los datos mostrados son la media y el error estándar de 16 determinaciones por tratamiento.

En la Tabla 2 se muestran los aportes de riego aplicados a cada tratamiento y la respuesta productiva. Cabe destacar que en ambos años el número de racimos recolectados es inferior al potencial productivo medio de la variedad 'Bobal' en la zona de estudio debido a una baja fertilidad de las cepas en el 2012 y a un episodio de pedrisco en el 2013 que eliminó cerca del 40% de racimos presentes en las cepas.

De todos modos, en los dos años, el tratamiento de riego máximo prácticamente dobló la producción frente al secano. Por otra parte, el incremento observado frente al secano en el tratamiento de riego deficitario fue de un 18-16%, aunque las diferencias no llegan a ser estadísticamente significativas a $P<0.05$. Dicho incremento en la producción fue en el 2012 principalmente debido a un incremento en el peso del racimo, consecuencia de un mayor peso de la baya (Tabla 2). Sin embargo, en el 2013, la mayor fertilidad de las cepas del tratamiento de riego máximo fue la responsable del incremento productivo observado.

Tabla 2. Efecto de los tratamientos de riego sobre la producción y sus componentes.

	Año	Secano	Riego deficitario	Riego máximo
Riego, m^3/año	2012	0	905	2700
	2013	0	631	2010
Cosecha, kg/ha	2012	4069 b[1]	4681 b	8591 a
	2013	4800 b	5440 b	9920 a
Nº Racimos/cepa	2012	6 a	6 a	7 a
	2013	5 b	5 b	8 a
Peso de la baya, g	2012	1.5c	1.9 b	2.5 a
	2013	2.5a	2.6 a	2.8 b

[1]Dentro de cada fila, letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos a $P<0.05$.

En cuanto a los efectos del riego sobre la calidad de la uva, se puso de manifiesto que la aportación del riego redujo la concentración de sólidos solubles totales del mosto (Tabla 3). Sin embargo, los efectos del riego máximo sobre la acidez y el pH del mosto fueron diferentes en los dos años de estudio. Mientras en el 2012 la acidez se redujo y el

pH incrementó con el aporte del riego, en el 2013 el riego aportado al 100% de las necesidades del cultivo incrementó la acidez del mosto. Por lo tanto se requieren de más años de estudio para poder dilucidar con más claridad los efectos del riego sobre la acidez total de la uva. En cuanto a los ácidos orgánicos, el efecto del riego fue opuesto; así pues, el ácido málico aumentó de forma notable con el aporte de riego al 100% de las necesidades, mientras el tartárico se redujo con el aporte adicional del riego (Tabla 3).

Tabla 3. Efecto de los tratamientos de riego sobre parámetros de calidad de los mostos.

	Año	Secano	Riego deficitario	Riego máximo
Sólidos solubles, ºBrix	2012	24.0 a[1]	22.2 b	21.3 b
	2013	21.5 a	20.9 b	19.4 c
Acidez Total, g/L	2012	6.0 a	5.5 ab	5.4b
	2013	5.8 b	6.0 b	6.9 a
pH	2012	3.27 b	3.32 b	3.45 a
	2013	3.39 a	3.40 a	3.39 a
Ac. Tartárico, g/L	2012	5.1 a	4.5 ab	4.2 b
	2013	4.1 a	3.5 b	3.7 b
Ac. Málico, g/L	2012	1.0 b	1.0 b	2.0 a
	2013	2.3 c	2.5 b	3.3 a

[1]Dentro de cada fila, letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos a P<0.05.

En los vinos realizados a partir de las uvas de los distintos tratamientos, se observó que el aporte del riego máximo provocó un claro y muy pronunciado descenso de todos los parámetros de calidad resumidos en la Tabla 4. El riego deficitario sin embargo afectó en menor medida al color, antocianos y polifenoles totales de la uva e incluso en el segundo año de estudio las diferencias entre éste tratamiento y el secano fueron estadísticamente no significativas a P<0.05.

Tabla 4. Efecto de los tratamientos de riego sobre la composición fenólica de los vinos elaborados a partir de las uvas de los distintos tratamientos.

	Año	Secano	Riego deficitario	Riego máximo
Índice de color, U.A.	2012	22.3 a[1]	16.3 b	8.9 c
	2013	191 a	19.1 a	10.1 b
Índice de polifenoles totales (U.A./g)	2012	71.1 a	60.4 b	45.9 c
	2013	65.9 a	63.6 a	46.4 b
Antocianos (mg/L)	2012	1080 a	878 b	513 c
	2013	945 a	929 a	584 a

[1]Dentro de cada fila, letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos a P<0.05.

Sin embargo, para entender mejor los efectos del riego sobre la composición de la uva, es importante hacer una comparación entre los dos análisis de calidad de la uva realizados durante la maduración de la misma (04 y 12 septiembre de 2012). Así pues, en lo que se refiere a los sólidos solubles totales y al color del mosto, se muestra que el tratamiento de riego deficitario tuvo el 12 de septiembre valores similares a los que tenía

el secano en el muestreo del 04 de septiembre (Figura 2). Esto indica que el riego deficitario retrasó la maduración de la uva en torno a una semana.

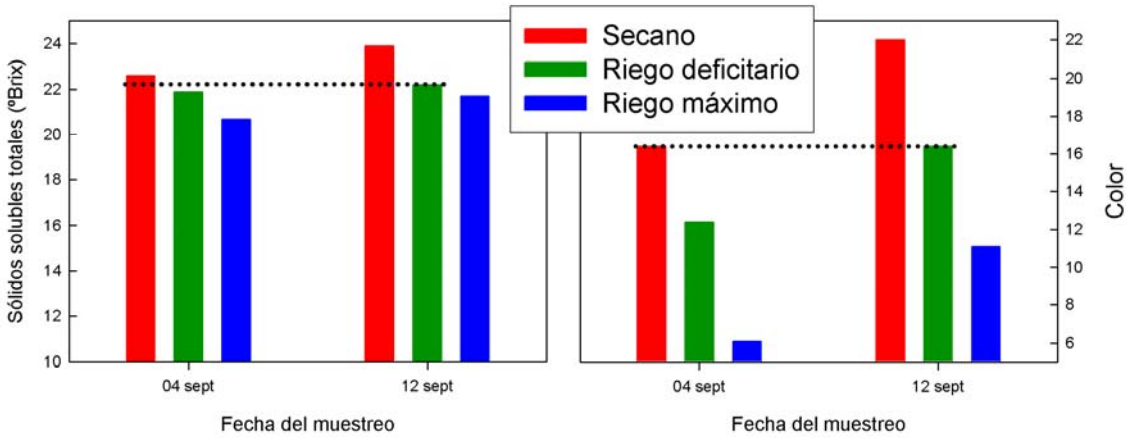


Figura 2. Comparación de los niveles de sólidos solubles totales y color de la uva en dos fecha de muestreo del año 2012 en los distintos tratamientos de riego.

Comparando los resultados obtenidos con los de otros ensayos realizados en la misma finca con la variedad 'Tempranillo' (Yeves et al., 2011), puede decirse que en la variedad 'Bobal' el manejo del riego es más influyente sobre la producción y calidad de la uva que en la 'Tempranillo', lo que obliga a que en la variedad 'Bobal' las dosis de riego a aportar al cultivo tenga que sean inferiores que en la 'Tempranillo' si no se quiere comprometer la calidad de la uva con respecto al secano.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que en la variedad 'Bobal' cultivada en espaldera en la zona de Utiel-Requena, el riego aportado a fin de cubrir las necesidades totales del viñedo es a todas luces perjudicial para la calidad de la uva. Para maximizar la calidad del vino, se recomienda por lo tanto una aportación moderada deficitaria de riego (unos 800 m3/ha) con el fin de incrementar entorno a un 17% la producción frente al secano, manteniendo los estándares de calidad de la uva y el vino.

Agradecimientos

Está investigación ha sido financiada por el proyecto MINECO AGL2011-30408-C04-04 y un convenio de colaboración entre CajaMar Caja Rural, Fundación "Lucio Gil de Fagoaga y el IVIA. Las labores de campo han sido realizadas por el personal técnico: F. Sanz, A. Yeves, D. Pérez, J Castel e I. Buesa.

Referencias

Salón, J.L., Chirivella, C., Castel, J.R. (2005). Response of Vitis Vinifera cv. Bobal to deficit irrigation in Requena, Spain. Water relations, yield and wine quality. American Journal of Enology and Viticulture, 56, 1-18.

Yeves, A., Pérez, D., Risco, D., Intrigliolo, D.S., Castel, J.R. (2011). Obtención de una pauta de riego optima en la variedad Tempranillo en Utiel-Requena. Vida Rural, 325, 42-46.

Efectos del riego localizado en la variedad Tempranillo blanco (*Vitis vinifera* L.) en condiciones de clima cálido

E. Baroja, N. Domínguez, J. Martínez, D. López, I. Martín y E. García-Escudero*.

Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino, ICVV (CSIC, Universidad de La Rioja, Gobierno de La Rioja). Ctra. Logroño-Mendavia (NA-134) PK 90, 26071, Logroño (La Rioja). *E-mail: egescudero@larioja.org

Resumen

El cv. Tempranillo blanco, variedad derivada del cv. Tempranillo (tinto) por mutación natural, está generando un notable interés en la D.O.Ca. Rioja. Con objeto de contribuir a su conocimiento en el ámbito de la mencionada denominación de origen, se plantean diferentes estrategias de riego en un viñedo de la Rioja Baja. Durante los dos años de estudio (2012 y 2013) no se han mostrado diferencias relevantes de comportamiento, a excepción del incremento de vigor y del aumento del contenido de ácido málico en mostos y vinos. No obstante, se considera que el riego puede constituir una herramienta interesante de cara a la regularización de la producción y de las consecuencias de las variaciones climáticas a las que se asisten.

Palabras clave: Estrategias de riego, cambio climático, producción, calidad.

INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de aportar mayor personalidad y tipicidad a los vinos blancos de la D.O.Ca. Rioja, desde 1995 se ha estudiado el comportamiento vitícola y enológico de una nueva variedad, el Tempranillo blanco, surgida a partir de una mutación natural del cv. Tempranillo tinto detectada en 1988, en la localidad riojana de Murillo de Río Leza (Martínez et al., 2011a) A partir de este momento, diferentes ensayos experimentales han sido llevados a cabo para obtener un mejor conocimiento de esta nueva variedad en el ámbito de la D.O.Ca. Rioja (Martínez et al., 2011b; García-Escudero et al., 2013).

En este contexto y considerando estudios anteriores en la variedad Tempranillo tinto (García-Escudero 2007), la presente comunicación aborda un estudio sobre la utilización de riego localizado en la variedad Tempranillo blanco en un entorno vitícola mediterráneo, como lo es la Rioja Baja. Entre las razones que animan la realización de esta línea de trabajo podemos destacar el hecho de que se trata de una variedad de ciclo corto, y sobre todo, de maduración muy precoz para las condiciones de Rioja, con un desarrollo muy rápido en las fases del ciclo previas a la vendimia. Por ello y considerando las variaciones climáticas a las que se asiste en la actualidad, parece oportuno utilizar el riego como una potencial herramienta para alargar y modular el periodo de maduración y su desarrollo, así como para paliar problemas que puedan surgir asociados a situaciones de déficit hídrico.

Por otra parte, se viene observando que la variedad Tempranillo blanco se caracteriza por una productividad baja-media, no alcanzando en ocasiones los máximos de rendimiento que contempla el reglamento de la D.O.Ca. Rioja para variedades blancas (9.000 kg/ha), circunstancia que preocupa al viticultor riojano. Por ello, entendemos que el riego podría actuar, en su caso, como técnica de cultivo para incrementar los rendimientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio de riego se ha llevado a cabo en una parcela situada en Rincón de Soto (La Rioja). El viñedo, propiedad de Bodegas Mateos, fue plantado en el año 2009 según una disposición de 2,6 x 1,1 m, conducido en espaldera y con un sistema de poda en doble cordón Royat. La variedad está injertada sobre R-110. El periodo al que hace alusión esta comunicación comprende los años 2012 y 2013.

Para la caracterización climática del ensayo, así como para la estimación de las necesidades de riego, se han utilizado datos procedentes de la estación agroclimática "Los Cimientos" (Aldeanueva de Ebro; La Rioja), próxima al viñedo y perteneciente a la red del Servicio de Información Agroclimática de la Rioja (SIAR).

La dotación de agua se ha calculado semanalmente a partir de la expresión:

$$\mathbf{N_c = (K_c * ET_o) - Pe}, \text{ donde:}$$

N_c = Necesidades del cultivo (mm) para el periodo considerado.
K_c = Coeficiente de consumo, según protocolo experimental.
Et_o = Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm; Mét. Penman-Monteith).
Pe = Precipitación eficaz (mm).

La cantidad de agua estimada se ha aplicado mediante una instalación de riego por goteo, con goteros de 4,2 L/h, distanciados 0,75 m en la tubería portagoteros, y considerando un coeficiente de eficacia de 0,9. El aporte de agua se ha llevado a cabo en dos aplicaciones por semana.

En una valoración climática, la campaña 2012 resultó más limitante desde el punto de vista de tª, precipitación y ET_o, circunstancia que condicionó tanto el inicio del riego como la cantidad de agua aplicada (Tabla 1). El inicio del riego se fijó a partir del momento en que concurrían dos situaciones: la ralentización de la velocidad de crecimiento de los pámpanos y un potencial foliar de base inferior a -3 bares, medido mediante una cámara de presión.

Tabla 1. Fecha de inicio de riego. Cantidad de agua aplicada (mm). 2012-2013.

Año	Inicio del riego	Volumen de agua aplicada (mm)
2012	29 de junio (baya tamaño guisante)	R1 = 117 ; R2 = 193
2013	27 de julio (próximo al envero)	R1 = 78 ; R2 = 156

Teniendo en cuenta tales premisas y el procedimiento seguido para estimar la dotación de agua, se adoptó el siguiente protocolo experimental:

- **Testigo (T)**. Parcelas en secano.
- **Riego (R)**. Parcelas que reciben un aporte adicional de agua, atendiendo a dos estrategias de riego diferentes:
  - **Riego R1:** K_c = 0,3 de inicio de riego hasta vendimia.
  - **Riego R2**: K_c = 0,3 de inicio de riego a envero y K_c= 0,6 de envero a vendimia.

Tras un seguimiento del proceso de maduración, se realizaron dos tipos de vendimia: una precoz y una más tardía. Con este planteamiento, se preparó un diseño experimental en bloques al azar, con tres parcelas experimentales (repeticiones de quince cepas) por tratamiento de riego y fecha de vendimia.

Para cada modalidad de vendimia, varios componentes del rendimiento fueron tenidos en cuenta: producción unitaria (kg/cepa), número de racimos por cepa, peso del racimo (g) y peso de 100 bayas (g). Previamente a la vendimia, por cada repetición y tratamiento, se muestrearon 500 bayas que, una vez procesadas en el laboratorio, dieron lugar al mosto sobre el que se analizaron los siguientes parámetros: concentración de azúcares, expresada como grado probable, acidez total (g/L ácido tartárico), pH, ácido málico (g/L), ácido tartárico (g/L), potasio (mg/L) e Índice de Polifenoles Totales (Absorbancia 280 nm).

La uva procedente de las tres repeticiones de cada tratamiento, fue elaborada conjuntamente en la bodega experimental del Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agroalimentario de La Rioja Agoncillo; La Rioja). El mosto, obtenido mediante estrujado, sin despalillado y prensado suave de la uva, se desfangó de forma estática a baja temperatura. La fermentación alcohólica se llevó a cabo a 20ºC, con siembra de levaduras.

Para la valoración organoléptica de los vinos elaborados, se contó con un panel integrado por catadores profesionales, pertenecientes a diferentes centros oficiales y bodegas.

En el mes de diciembre y coincidiendo con la poda de la parcela, se evaluó la incidencia de los diferentes tratamientos en el vigor de la cepa y en el equilibrio entre su componente productiva y vegetativa mediante la estimación del peso de madera exportada en la poda (kg/cepa), del peso medio de sarmiento (g) y del Índice de Ravaz,

Los valores obtenidos para los diferentes parámetros y tratamientos experimentales han sido analizados estadísticamente mediante el análisis de la varianza correspondiente. En cada caso, las medias de los tratamientos han sido comparadas utilizando el test de Duncan. En las tablas, el nivel de significación viene indicado por: * $p<0,05$; n.s.: no significativo)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Componentes del rendimiento

La Tabla 2 presenta, para los años 2012 y 2013, la incidencia de los diferentes tratamientos experimentales en los componentes del rendimiento considerados.

Tabla 2. Influencia del riego en componentes del rendimiento. Año 2012 y 2013.

	Parámetro	T	R1	R2	g.s.
2012	Producción unitaria (kg/cepa)	2,94	3,27	3,38	n.s.
	Nº racimos/cepa	17	18	18	n.s.
	Peso racimo (g)	169	180	187	n.s.
	Peso 100 bayas (g)	192 a	221 b	224 b	*
2013	Producción unitaria (kg/cepa)	2,83	2,72	2,87	n.s.
	Nº racimos/cepa	20	20	21	n.s.
	Peso racimo (g)	145	133	136	n.s.
	Peso 100 bayas (g)	185	179	183	n.s.

En principio cabe indicar que los niveles de producción unitaria alcanzan prácticamente los límites máximos que el reglamento del Consejo Regulador de la

D.O.Ca. Rioja establece para variedades blancas. Sin embargo, conviene destacar que la aplicación de riego en ninguna de las campañas ha dado lugar a unas diferencias significativas de rendimiento en relación al Testigo (Tabla 2). No obstante, y a pesar de la ausencia de diferencias estadísticas, se puede hablar de un incremento de la producción, como consecuencia de la mayor disponibilidad de agua, en torno al 12% en la campaña 2012, año por otra parte más limitante desde el punto de vista climático. El aumento de la producción respecto al Testigo se relacionaría básicamente con un aumento significativo del peso de la baya, diferencia que no se establece cuando comparamos las dos estrategias de riego consideradas (Tabla 2).

Vigor y equilibrio fuente:sumidero

En este ensayo tanto el peso de madera de poda (kg/cepa) como el peso unitario del sarmiento (g), son parámetros adecuados para caracterizar el vigor de la cepa, habida cuenta de la no existencia de diferencias en el número de sarmientos (Tabla 3). En general, el vigor en 2012 es más reducido que en 2013, hecho que puede deberse a la climatología más seca de la campaña 2012. Como consecuencia de la aplicación de riego, se observa una estimulación del vigor, manifestándose diferencias significativas del peso de madera y del sarmiento durante 2012 (Tabla 3), y que si bien no llegan a serlo en 2013 (Tabla 3), se apunta una tendencia similar. Por su parte, cuando se comparan los dos tratamientos experimentales que suponen aportación de agua mediante riego, se comprueba cómo no se alcanza diferencia alguna para los parámetros elegidos como indicadores del vigor (Tabla 3).

En términos generales, si tenemos en cuenta los resultados obtenidos para los componentes del rendimiento y del vigor considerados, comprobamos cómo las estrategias de riego propuestas tienden a modificar la relación entre la componente productiva y vegetativa de las cepas. Así las cosas, los valores del Índice de Ravaz resultan significativamente más bajos en 2012 con la aplicación de riego (Tabla 3), valores que no afectan en gran medida al equilibrio vegeto/productivo (F/V) durante la mencionada campaña. En las condiciones menos exigentes de 2013, la incidencia del riego en los valores del Índice de Ravaz se atenúa (Tabla 3), aunque los valores alcanzados por este índice en el conjunto del ensayo, hablan de una situación más favorable para la componente vegetativa.

Tabla 3. Influencia del riego en el vigor y el equilibrio F/V. Año 2012 y 2013.

	Parámetro	T	R1	R2	g.s.
2012	Nº sarmientos/cepa	11,4	11,0	11,3	n.s.
	Peso madera poda (kg/cepa)	0,52 a	0,80 b	0,75 b	*
	Peso sarmiento (g)	45 a	73 b	66 b	*
	Índice de Ravaz	5,4 b	4,1 a	4,3 a	*
2013	Nº sarmientos/cepa	12,0	12,1	12,4	n.s.
	Peso madera poda (kg/cepa)	0,91	1,05	1,10	n.s.
	Peso sarmiento (g)	76	87	89	n.s.
	Índice de Ravaz	3,1	2,7	2,7	n.s.

Calidad del mosto

Tal y como se ha indicado en el apartado de material y métodos, al final del ciclo se establecieron dos fechas de recolección, que se han designado como vendimia precoz y

vendimia tardía. Según se observa en los datos contenidos en la Tabla 4, cv. Tempranillo blanco es una variedad con una importante capacidad de acumulación de azúcares al final del ciclo, con un incremento del orden de 0,5º-0,9º en los valores de grado probable para un periodo de seis a siete días al final de la maduración.

En relación a la influencia de la aplicación de riego sobre la concentración de azúcares en la uva, dos situaciones diferentes se han dado según el año de estudio. En 2012, la mayor disponibilidad de agua respecto al Testigo se tradujo en un incremento del grado probable, respuesta que se mantuvo en las dos fechas de vendimia, con el consiguiente incremento de la concentración de azúcares para todos los tratamientos en la vendimia más tardía (Tabla 4). Sin embargo, en la campaña 2013 los valores de grado probable se mostraron significativamente por debajo en los mostos obtenidos a partir de uva procedente de parcelas con riego (Tabla 4), disminución que sin grandes desviaciones, resulta mayor en la estrategia de riego que implica un aporte de agua más abundante (R2). Aunque tan solo a nivel de consideración potencial, el comportamiento observado abre una doble vertiente: la posibilidad de que la utilización del riego en determinadas circunstancias mejore la actividad de la planta y en otras, modifique la duración del ciclo.

Tabla 4. Incidencia del riego en la calidad del mosto. Año 2012.

		Vendimia precoz				Vendimia tardía			
	Parámetro	**T**	**R1**	**R2**	**g.s.**	**T**	**R1**	**R2**	**g.s.**
2012	Grado probable	12,4 a	13,0 b	12,8 b	*	13,3	13,8	13,5	n.s.
	Ac. total (g/L ác. tart.)	6,0 a	6,8 b	6,8 b	*	5,0	5,5	5,6	n.s.
	pH	3,4	3,3	3,3	n.s.	3,5	3,5	3,5	n.s.
	Ác. málico (g/L)	2,3 a	3,2 b	3,3 b	*	1,8 a	2,5 b	2,5 b	*
	Ác. tartárico (g/L)	6,0	5,6	6,1	n.s.	6,2 b	5,9 ab	5,8 a	*
	Potasio (mg/L)	1433 a	1583 b	1556 b	*	1786	1861	1920	n.s.
	IPT	15,8	16,1	16,0	n.s.	16,7	16,2	16,2	n.s.
2013	Grado probable	13,4 c	13,0 b	12,7 a	*	14,0 b	13,6 a	13,4 a	*
	Ac. total (g/L ác. tart.)	8,2 a	8,9 a	10,6 b	*	6,7 a	7,2 b	7,6 c	*
	pH	3,3	3,3	3,2	n.s.	3,4 b	3,4 b	3,3 a	*
	Ác. málico (g/L)	3,7 a	4,2 ab	4,7 b	*	2,9 a	3,5 b	3,7 b	*
	Ác. tartárico (g/L)	6,8	6,7	6,7	n.s.	6,5	6,3	6,5	n.s.
	Potasio (mg/L)	1695	1767	1741	n.s.	1775	1832	1747	n.s.
	IPT	14,7	15,5	15,8	n.s.	14,4	15,3	15,3	n.s.

Por su parte, el riego ha implicado un incremento significativo de la acidez total, efecto que se intensifica a medida que aumenta el aporte de agua, siendo tal circunstancia más patente en la campaña 2013. En este sentido decir, como resulta por otra parte razonable, que las condiciones climáticas del año y la fecha de vendimia modifican la intensidad y evolución de la acidez. Sin una variación del contenido de ácido tartárico por la aplicación de riego, este incremento de acidez total estaría directamente relacionado con el aumento de los niveles de ácido málico que se establecen al favorecer la disponibilidad de agua con el riego (Tabla 4). El comportamiento observado para el ácido málico puede deberse al incremento del vigor y en un microclima menos favorable a la combustión de este ácido como consecuencia del mayor desarrollo vegetativo que supone la utilización de riego y en su caso, aun ciclo de cultivo especialmente más húmedo como lo fue la campaña 2013. Asimismo, llamar la atención de que a pesar del incremento, en este caso moderado, de la concentración de potasio en las estrategias que implican aporte

adicional de agua, los valores de pH no se han visto afectados por el riego. Tampoco lo ha sido la carga polifenólica, ya que todos los tratamientos experimentales alcanzan unos IPTs similares (Tabla 4).

Análisis organoléptico de los vinos (cata)

En relación al análisis organoléptico realizado por el panel de cata, comentar que las diferencias de valoración, en términos de puntuación, han sido muy pequeñas, sin establecer una diferenciación relevante entre los vinos catados. Por otra parte, cuando se emplaza a los catadores a pronunciarse sobre el nivel de preferencia, tampoco se establecen unas pautas definidas ni para la fecha de vendimia ni para la campaña.

CONCLUSIONES

La utilización de riego en viñedos de condiciones mediterráneas de la D.O.Ca. Rioja con la variedad Tempranillo blanco, no ha supuesto un incremento considerable del rendimiento. Sin embargo, el vigor de las cepas se ha visto intensificado por la mayor disponibilidad de agua (riego), sin que tal circunstancia haya modificado de forma notable el equilibrio entre componente productiva y vegetativa de las cepas.

La composición analítica de los mostos ha experimentado variaciones en la concentración de azúcares y en los componentes de la acidez. Así las cosas, en general el grado probable se ha visto incrementado con el riego, siendo el efecto más notable en tanto que las condiciones climáticas son más limitantes. Por su parte, se asiste a un aumento de la acidez total, que se asociaría al incremento de los niveles de ácido málico como consecuencia de la aplicación de riego, consecuencia que se intensifica con los mayores aportes de agua. Asimismo, el contenido de potasio experimenta una mayor presencia, si bien con variaciones moderadas. El ácido tartárico, el pH y el IPT prácticamente no se han visto modificados.

Bibliografía

García-Escudero, E. (2007). Experiencias de riego localizado en la DOCa Rioja. En: Fundamentos, aplicación y consecuencias del Riego en la vid. Ed. Agrícola Española, S.A. Madrid, España, 201-230.

García-Escudero, E., Baroja, E., Martínez, J., López, D. (2013). Control del rendimiento en la variedad Tempranillo blanco (*Vitis vinífera* L.) en la DOC Rioja (España). Proceedings of the XXXVI World Congress of Vine and Wine. Bucarest, Rumanía.

Martínez, J., Chávarri, J.B., Rubio, P., Rodríguez, R., Baroja, E., García-Escudero, E. (2011a). Evaluación del comportamiento agronómico y enológico de la variedad Tempranillo blanco en la D.O.Ca. Rioja. Actas del XI Congreso Nacional de Investigación Enológica (GIENOL), Jerez de la Frontera, España, 15-18.

Martínez, J., Rubio, P., Rodríguez, R., García-Escudero, E., Puente, V. (2011b). Tratamientos enológicos para potenciar el aroma de los vinos de Tempranillo blanco. Proceedings of the 34th World Congress of Vine and Wine. Oporto, Portugal.

Efecto del estado hídrico en la respiración de los distintos órganos de la vid (*Vitis vinifera* L.)

E. Hernández-Montes*[1], M. Tomás, S. Martorell, J. Bota, P. Sancho, J.M. Escalona e H. Medrano.

1 Grupo de Investigación: Biologia de les Plantes en Condiciones Mediterráneas, Departamento de Biologia, IMEDEA (CSIC-Universitat de les Illes Balears). Ctra. Valldemossa, Km 7.5, 07122, Palma de Mallorca. *E-mail: e.hernandez@uib.es

Resumen

Actualmente se están desarrollando técnicas para estimar de una forma precisa el balance de carbono de diferentes cultivos, y especialmente en la vid. El sector vitivinícola es uno de los más preocupados por el cálculo de la huella de carbono, la cual se ve afectada por el uso de diferentes técnicas de manejo en el viñedo. Para estimar las pérdidas de carbono debidas a la respiración se ha llevado a cabo un ensayo en campo que determinó la respiración de los distintos órganos de la planta en el cv. Garnacha. Asimismo, se estudió el efecto de la disponibilidad hídrica en las tasas respiratorias a lo largo del ciclo fenológico. El presente trabajo expone diferentes metodologías de medida de la respiración y los primeros resultados en hojas, tallos, frutos y raíces, mostrando las diferencias existentes entre cultivo en secano y bajo riego moderado.

Palabras clave: Fijación de carbono, respiración, riego.

INTRODUCCIÓN

Desde hace algunos años, debido a la preocupación general por el cambio climático (IPCC, 2013) y su influencia en la concentración de carbono atmosférico (Valentini et al., 2000), el sector vitivinícola muestra interés en calcular con precisión la huella de carbono del cultivo. No se han encontrado casi antecedentes que integren la respiración de los diferentes órganos de la vid en sus cálculos, ni trabajos que midan la influencia de la disponibilidad hídrica en sus tasas respiratorias en condiciones de campo. En el trabajo realizado por Escalona et al. (2012) se estimaron las pérdidas de carbono debidas a la respiración de los distintos órganos de plantas en maceta, en regadío y secano.

En cuanto a los estudios que se han centrado en la cuantificación de las pérdidas de carbono de los distintos órganos de la planta, recientemente se ha estimado la respiración del suelo, con medidas directas en un viñedo a lo largo de todo el ciclo fenológico de las plantas (Franck et al., 2011). En relación a la respiración del fruto, este órgano está ampliamente reconocido como el mayor sumidero de fotoasimilados ya que puede importar más del 70-80% de los mismos vía fotosíntesis (Ollat y Gaudillère, 2000).

Dado el creciente interés por conocer los procesos respiratorios en vid, se llevó a cabo un ensayo durante 2013 para estimar las pérdidas de carbono de los diferentes órganos de la planta en el cv. Garnacha, bajo condiciones de sequía y de riego moderado. De esta forma se pretende contribuir al conocimiento del peso de los procesos respiratorios en el balance de carbono de la planta y conocer el efecto del régimen hídrico.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en el viñedo experimental de la Universidad de las Islas Baleares (Mallorca) utilizando el cv. Garnacha. La plantación se realizó en 2009, con planta injertada sobre patrón Richter 110. Las plantas se formaron en espaldera con una conducción en cordón bilateral, dejándose una media de 12 pámpanos por metro lineal que ocupen bien el espacio. Para facilitar las medidas de respiración del suelo se mantuvo éste libre de malas hierbas mediante laboreo superficial. Se establecieron dos tratamientos: uno de cultivo en secano y otro con riego moderado, que se estableció manteniendo un potencial de hoja antes de amanecer no inferior a -0,35 MPa durante maduración. En la campaña 2013 se aplicaron 234 litros por planta en el tratamiento de riego.

Desde brotación y a lo largo de todo el ciclo fenológico se realizaron medidas de respiración en hoja, pámpano, fruto y raíces, utilizando un medidor de gases por infrarrojo (IRGA) Li-6400 (Li-cor Inc., Lincoln, Nebraska, USA) y diferentes cámaras adaptadas para medir cada órgano específico. Se seleccionaron cuatro plantas por tratamiento, de las que se hizo un seguimiento exhaustivo del área foliar según el método desarrollado por Sánchez de Miguel et al. (2011). De cada planta control se eligió un pámpano a lo largo del cual se midió la respiración de hoja y tallo. A su vez se eligió un racimo de cada planta control para medir la tasa de respiración durante el crecimiento de la baya. En estas mismas plantas se estudió también la respiración de suelo.

Respiración de hoja

Se midió la respiración de diferentes tipos de hojas a lo largo del ciclo fenológico. Se eligieron las hojas en expansión (primeras 5-6 hojas desde el ápice), y hojas adultas (zona intermedia del pámpano) en cada tratamiento con el fin de establecer las tasas de respiración foliar de crecimiento y mantenimiento. Se calculó el área específica foliar de cada tipo de hoja en cada momento de medida para corregir las tasas respiratorias teniendo en cuenta las diferentes estructuras. Aplicando el área foliar medida en cada estado fenológico, se calcularon las pérdidas de carbono totales de cada planta debidas a la respiración de crecimiento y mantenimiento.

Respiración de tallo

Se midió la respiración de la zona apical y de la zona media-basal utilizando una variante de la cámara de intercambio de gases de hoja. Las tasas respiratorias se corrigieron teniendo en cuenta el área del cilindro encerrado en la cámara y su peso seco. Asimismo, teniendo en cuenta la longitud de los pámpanos y su proporción apical y basal en cada estado fenológico, se estimó la respiración de tallo a nivel de planta.

Respiración de fruto

Se realizaron medidas de respiración de un racimo por planta en tres momentos del desarrollo de la baya: tamaño guisante, envero y maduración. Las medidas se llevaron a cabo conectando al Li-6400 una cámara de fabricación propia que permitió hacer la medida no destructiva del racimo. Se midió el volumen desalojado de cada racimo mediante un recipiente calibrado lleno de agua. Se cortaron 10 racimos por tratamiento, de los cuales se midió el volumen desalojado y el peso seco tras secar en estufa a 70 ºC. De esta forma se obtuvo una regresión lineal que nos permitió estimar el peso seco de los

racimos en los que se midió la respiración. Asimismo, se realizó un muestreo de uva en cada momento de medida, para analizar los parámetros de calidad y el peso de baya.

Respiración de raíces

En cada planta control se llevaron a cabo medidas de respiración de suelo en cinco posiciones: las posiciones 1, 2 y 3 se tomaron a 5, 15 y 25 cm del pie a lo largo de la fila; las posiciones 4 y 5 se tomaron a 30 y 50 cm del pie en la perpendicular a la fila. Las medidas se realizaron conectando la cámara de respiración de suelo Li-6400-09 al IRGA Li-6400. En cada posición se registró la temperatura de suelo a 15 centímetros, mediante un sensor conectado a la cámara de respiración. El componente respiratorio radicular se calculó aplicando un 52% del flujo de CO_2 total de suelo, (Franck et al., 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se observan los componentes respiratorios de crecimiento y mantenimiento para todos los puntos de medida de una planta en riego y otra en secano. Se aprecia una tendencia similar de estos componentes en los dos tratamientos, aunque en la fase final del ciclo vegetativo la planta de secano sufrió una estabilización de la respiración de mantenimiento, debido probablemente a la parada de crecimiento vegetativo.

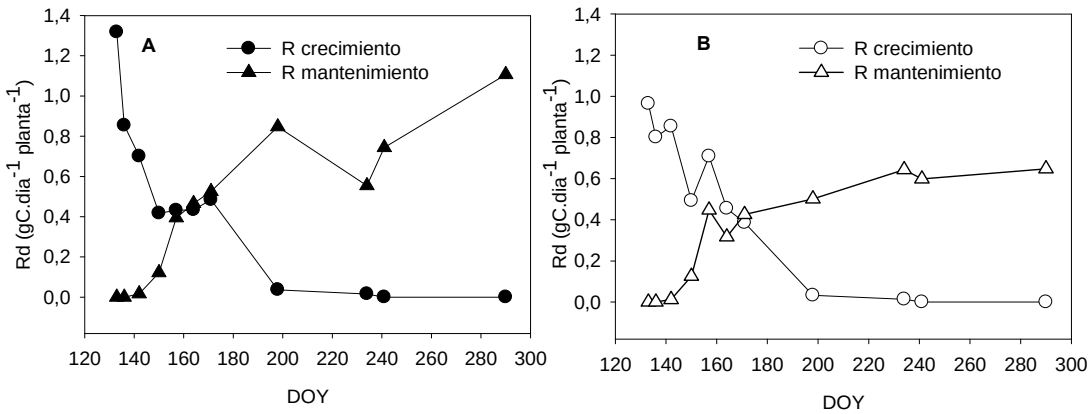


Figura 1. Respiración de las hojas en crecimiento (círculos) y mantenimiento (triángulos) en plantas de riego (A) y secano (B).

La respiración de la zona apical del tallo a nivel de planta fue en aumento hasta que se produjo la parada de crecimiento (Figura 2). Se observó una diferencia de tendencia en la respiración de la zona basal de los pámpanos, registrándose valores en torno a cero para todo el ciclo vegetativo en la planta en secano y una tendencia ascendente en el caso de la planta en riego.

El fruto, de acuerdo con lo habitualmente publicado, es el sumidero de carbono más importante en vid. En la Figura 3 se observa cómo en los dos tratamientos el carbono perdido por día fue mayor en la primera fase de desarrollo de la baya, sufriendo un descenso en envero para estabilizarse hasta vendimia. Estas variaciones estacionales son coincidentes con los resultados obtenidos por Ollat y Gaudillère (2000), donde las tasas de respiración por día fueron menores en el momento de vendimia debido a que en esta

etapa el crecimiento de la baya y la acumulación de materia seca no requiere tanta energía como el desarrollo estructural que se produce en la primera etapa de crecimiento.

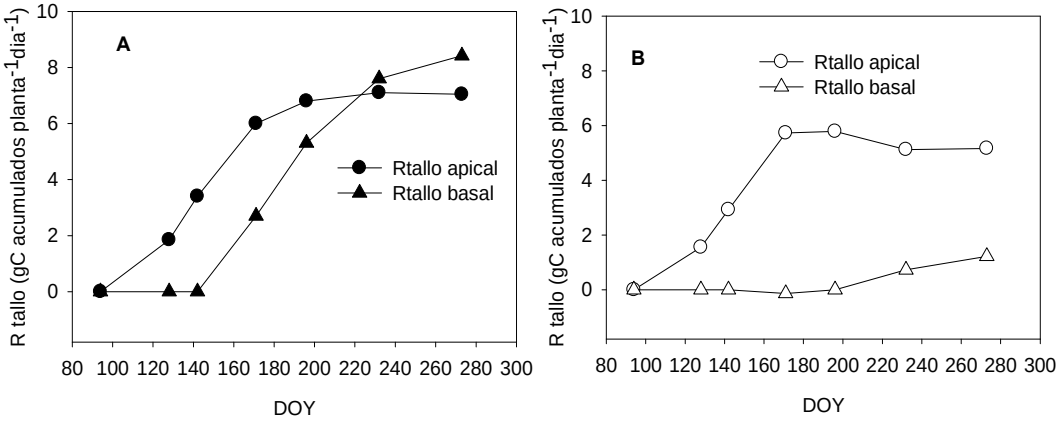


Figura 2. Respiración de la zona apical del tallo (círculos) y de la zona central-basal (triángulos) en plantas de riego (A) y secano (B).

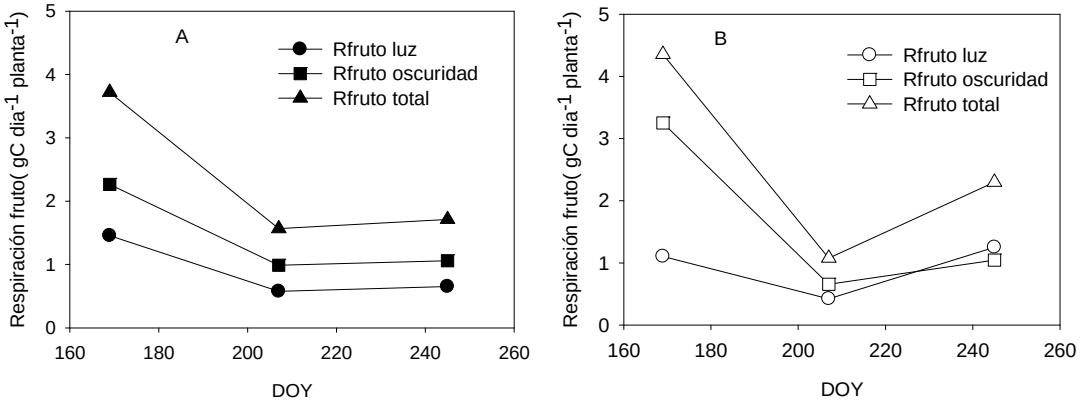


Figura 3. Respiración de fruto con luz (círculos), en oscuridad (cuadrados) y total (triángulos), en fruto tamaño guisante, en envero y en la madurez, en el tratamiento de riego (A) y en secano (B).

En las medidas de respiración de suelo se observó una mayor pérdida de carbono en el tratamiento de riego (Figura 4) debido al efecto positivo de la humedad en la actividad respiratoria. Se observó una tendencia similar en los dos tratamientos (Figura 4), observándose un incremento de la respiración de las raíces en envero. Este hecho puede estar relacionado con la mayor actividad radicular por parte de las plantas durante el periodo de renovación de raíces finas.

En la Tabla 1 se recogen las pérdidas respiratorias totales de cada uno de los órganos a lo largo de todo el período vegetativo. Como puede observarse, la planta invirtió 148,59 g de carbono en la actividad respiratoria foliar en condiciones de riego, y 104,24 g de carbono en secano, cantidades que equivalen a un 6% y un 9% respecto del total fijado en cada tratamiento.

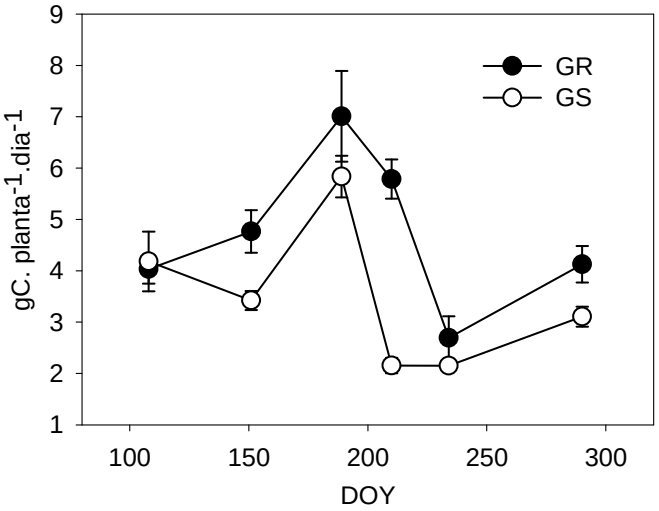


Figura 4. Respiración de suelo a lo largo del ciclo de la vid para los tratamientos de riego (símbolos llenos) y secano (símbolos vacíos).

Por otra parte, las pérdidas de carbono debidas a la respiración de tallo fueron menores en relación con el resto de órganos (Tabla 1). En el tratamiento irrigado se registró una respiración de 26,56 g de carbono a lo largo del ciclo vegetativo. Sin embargo, el secano alcanzó 9,79 g de carbono, lo que supone solo en torno al 1% del total de carbono fijado por fotosíntesis. Los componentes respiratorios del fruto y de la raíz suponen alrededor del 80% del total de carbono invertido en respiración de la planta a lo largo de todo el ciclo, independientemente de la disponibilidad hídrica (Tabla 1).

En su conjunto, las pérdidas por respiración de los órganos medidos alcanzaron entre un 35 y un 55% del carbono total fijado por la fotosíntesis en el ciclo vegetativo en regadío y secano respectivamente. Estos datos confirman resultados previos en plantas en maceta (Escalona et al., 2012). Las tasas respiratorias registradas confirmaron la influencia del estrés hídrico en la respiración (Flexas et al., 2005).

Tabla 1. Respiración de los distintos órganos de la vid y fijación de carbono total en el cv. Garnacha para el ciclo vegetativo 2013.

Tratamiento	R hoja (g C·año^{-1})	R tallo (g C·año^{-1})	R fruto (g C·año^{-1})	R raíz (g C·año^{-1})	Fijación de carbono (g C)
Regadío	148,59±12,63	26,56±7,22	202,64±45,02	456,04±24,39	2190,51±259,55
Secano	104,24±4,64	9,79±0,83	201,15±21,37	356,0±10,44	1238,16±106,39

CONCLUSIONES

La pérdida de carbono por respiración foliar y la de los pámpanos fueron mayores en las plantas manejadas en condiciones de riego respecto a las de secano. La tendencia de los componentes de crecimiento y mantenimiento fueron similares en ambos tratamientos, exceptuando la fase de parada de crecimiento, que se produjo en diferentes momentos.

La respiración de hoja y tallo supuso entre el 8 y 9% del carbono fijado por la fotosíntesis a lo largo de todo el ciclo vegetativo. La respiración de fruto fue mayor en las fases iniciales de crecimiento para los dos tratamientos, lo que se justifica por la mayor demanda de energía por parte de ese órgano, en esos momentos del ciclo, para la síntesis de componentes estructurales.

El tratamiento de riego registró los valores más altos en respiración radicular, aunque la tendencia a lo largo del ciclo vegetativo fuera similar en los dos tratamientos. Se observó mayor respiración por planta en el estado fenológico de envero.

La proporción de carbono invertido en respiración en relación al carbono total fijado por fotosíntesis fue superior en las plantas en secano respecto a las manejadas con riego. Estos resultados forman parte del primer año de estudio y se continuarán las medidas para consolidar los resultados obtenidos.

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad, proyecto AGL2011-30408-C04-01.

Referencias

Escalona, J.M., Tomás, M., Martorell, S., Medrano, H., Ribas-Carbó, M., Flexas., J. (2012). Carbon balance in grapevines under different soil water supply: importance of whole plant respiration. Australian Journal of Grape and Wine Research 18, 308-318.

Flexas, J., Galmés, J., Ribas-Carbó, M., y Medrano, H. (2005). The effects of drought in plant respiration. Plant respiration: from cell to ecosystem. In: Advances in photosynthesis and respiration XVIII. Plant respiration. Eds. H. Lambers and M. Ribas-Carbó (Springer: Dordrecht) pp. 85–94.

Franck, N., Morales, J.P., Arancibia-Silva, A., Pastenes, C. (2011). Seasonal fluctuations in Vitisvinifera root respiration in the field. New Phytologist, 192, 939-951.

Intergovernamental Panel on Climate Change (IPCC) (2013). Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. http://www.ipcc.ch/

Ollat, N., Gaudillère, J. (2000). Carbon balance y developing grapevine berries. Acta Horiculturae, 526, 345-350.

Sánchez de Miguel, P., Junquera, P., de la Fuente, M., Jiménez, L., Linares, R., Baeza, P., Lisarrague, J.R. (2011). Estimation of vineyard leaf area by linear regression. Spanish Journal of Agricultural Research 9(1), 202-212.

Valentini, R., Matteucci, G., Dolman, A.J., Schulze, E.D., Rebmann, C., Moors, E.J., Granier, A., Gross, P., Jensen, N.O., Pilegaard, K., Lindroth, A., Grelle, A., Bernhofer, C., Grunwaldt, T., Aubinet, M., Ceulemans, R., Kowalski, A.S., Vesala, T., Rannik, U., Berbigier, P., Loustau, D., Guomundsson, J., Thorgeirsson, H., Ibrom, A., Morgenstern, K., Clement, R., Moncrieff, J., Montagnani, L., Minerbi, S., Jarvis, P.G. (2000). Respiration as the main determinant of carbon balance in European forests. Nature, 404, 861-865.

ÍNDICE DE AUTORES

D.A. Aguilar Morales……101, 140
R. Aguirrezábal……60
A. Aizpurua……169
M.V. Alburquerque……232
N. Aleixos……120, 159
I. Álvarez……346
F. del Amor……303
J.A. Amorós……200
M.T. de Andrés……54
X. Aranda……21, 126, 193
C. Arranz……268
M. Azuara……244
P. Baeza……238
P. Balda……163, 188
E. Barajas……232, 268
E. Baroja……27, 47, 352
A. Bechir……126
A. Benito……175
C. Biel……21, 193
P. Blanco……262
J. Blasco……120, 159
L. Bonet……310
I. Bonilla……153
E. Borzecka……85
J. Bota……126, 133, 358
Y. Bouzas……325
S. Bravo……200
I. Buesa……250, 310
F. Cabello……15, 73
G. Caccavello……250
L. Caminero……92
J.J. Cancela……283, 331
P. Carbonell-Bejerano……47, 79, 85
J. Carreño……85
M. Carriquí……114
J. Castel……310, 346
J.R. Castel……126, 290, 297, 310
M.A. del Castillo……208
A. Catalina……256
J.L. Chacón……34, 225
M. Chávaro-Ortiz……274
J.B. Chávarri……27
C. Chirivella……346
J.F. Cibriáin……92
C.M. Correia……283
K. Csepregi……208
S. Cubero……120, 159

J. Cunha……73
M.P. Diago……107, 120, 159
E. Díaz……15, 66, 262, 325
N. Diestro……85
L.T. Dinis……283
N. Domínguez……175, 352
C. Douthe……114
J.E. Eiras-Dias……73
J.M. Escalona……114, 126, 133, 358
M. Fandiño……283, 331
L. Fernández……47
J.I. Fernández-Fernández……303
M. Fernández-González……34
H. Ferreira……283
S. Fuentes……114
I. Funes……193
J. Gago……114
P.P. Gallego……114
E. Gamero……219, 290
A. Gárate……92
E. García……34, 225
F.J. García……200
J. García……163
E. García-Escudero……27, 47, 175, 193, 352
M.J. García-Esparza……346
E. García-García……238
R. Gil-Muñoz……303
A. González……34
M.R. González……213, 256
R. González……213
B. Grau……21
J. Grimplet……47, 91
G. Hailemichael……256
B. Hartman……208
S. Hernáiz……60
E. Hernández……114, 133, 358
M.M. Hernández……207
F. de Herralde……21, 126, 193
É. Hideg……208
P.L. Higueras……200
J. Ibáñez……47, 54, 60, 73, 91, 120
D.S. Intrigliolo……126, 250, 310, 346
J.J. Irigoyen……210
P.M. Izquierdo……34, 225
G. Jakab……208
M.A.K. Jansen……208
T. Jug……208
I. Julián……238

T. Kizildeniz……210
J. Kortabarria……169
D. Lijavetzky……47
N. Laguna……91
A. Lamas……262
B. Larreina……60
C. Leriche……244
V. Lizama……346
L. Llorens……208
M. Loidi……182
D. López……352
E. López……27
D.B. López Lluch……101, 140
J.R. López-Rogel……238
A.C. Malheiro……283
L.A. Mancha……219, 290
V. Marco……207
J.M. Marcos……213
I. Martín……175, 352
P. Martín……213, 256
E.M. Martínez……283, 331
J. Martínez……27, 47, 352
J. Martínez……34, 225
L. Martínez……188
J. Martínez-Abaigar……208
J.A. Martínez-Casasnovas……153
A. Martínez-Cutillas……303
J. Martínez-Lüscher……208
R. Martínez-Peniche……274
F. Martínez de Toda……153, 163, 188
J.M. Martínez-Zapater……47, 73, 79, 85
S. Martorell……114, 133, 358
H. Medrano……114, 126, 133, 358
I. Mekni……210
A. Mena……34, 225
C. Menéndez……207
M.C. Merli……250
A. Miguel……169
B. Millán……159
Ll. Mir……114
C. Miranda……41, 95, 126, 146, 182, 188
J.M. Mirás-Avalos……262, 283, 325
J.M. Molina……250
L. Monforte……208
M.I. Montemayor……60
A. Montoro……290
F. Morales……210
D. Moreno……219, 290

J. Moutinho-Pereira……283
L. Múgica……92
M. Nadal……126, 244, 274
S. Neugart……208
E. Núñez-Olivera……208
I. Orriols……325
I. Pascual……210
L. Pereira……79
D. Pérez……27, 310, 346
C. Pérez-Cidocha……238
I. Pérez-Moreno……207
M. Pérez-Moreno……207
R. Pérez-Parmo……169
C. Pérez-de los Reyes……200
M.J. Prado……66
J.M. Prats-Montalbán……120, 159
M.H. Prieto……219
H. Puerto……250
A. Quintanilla……238
A. Ramilo……66
A. Ranieri……208
F.J. Rego……15
B.J. Rey……283, 331
M. Ribas-Carbó……126
I. Romero……175
P. Romero……303
C. Royo……47, 79, 85
J.B. Royo……41, 95, 126, 146, 182, 188
J.A. Rubio……268
A. Ruiz-Canales……250
E. Ruiz-Clavijo……188
J.C. Sancha……163
P. Sancho……358
M. Sánchez……200
A. Sánchez-Ortiz……126, 244, 274
L.G. Santesteban……41, 95, 126, 146, 182, 188
F. Sanz……346
R. Savé……21, 126, 193
K. Schödl-Hummel……208
M. Schreiner……208
G. Soriano……208
E. Soto……15, 66, 262
J. Soukupova……208
M.I. Talaverano……219, 290
J. Tardáguila……107, 120, 159
J. Tello……60, 91, 120
P. Teszlák……208
S. Tittmann……208

M. Tomás……..……114, 126, 133, 358
R. Torres-Pérez…….……47, 79
I. Tortosa……...……133
E. Trigo-Córdoba……..……283, 325
O. Urban……...…208
D. Uriarte……..……219, 290
J. Urrestarazu……...……41
I. Urretavizcaya……...……95, 146
L. Uzquiza……213, 256
E. Vaquero……..……60
M.E. Valdés……..……219, 290, 297
A.M. Vargas……...……54
J. Vayreda…….……193
A. Vicente…….……268, 317, 338
G. Vidal……133
J. Vila-Crespo……...……297
M. Vilanova……..…290, 297
A. Yeves……...……346
F. Yunta……...…92
J. Yuste……...……79, 232, 290, 297, 317, 338
J.R. Yuste……..……232
L.H. Zinelabidine……73
G. Zipoli……...…208

Gobierno
de La Rioja

Agricultura, Ganadería
y Medio Ambiente

www.larioja.org