Sociedad Española de Ciencias Hortícolas

ACTA DE HORTICULTURA

Comunicaciones Técnicas Sociedad Española de Ciencias Hortícolas

91

Octubre 2022

IV Jornadas del Grupo de Viticultura

Editores:

Gonzaga Santesteban
Nazareth Torres

26-28 de octubre 2022, Pamplona/Iruña

ACTAS DE HORTICULTURA Nº 91

Comunicaciones Técnicas Sociedad Española de Ciencias Hortícolas

IV Jornadas del Grupo de Viticultura de la SECH

Actas de las IV Jornadas del Grupo de Viticultura de la SECH celebrado en octubre del 2022 en Pamplona/Iruña

Sociedad Española de Ciencias Hortícolas

Editores:

Gonzaga Santesteban

Nazareth Torres

ISBN: 978-84-09-38456-3

Organizan

upna
Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Sociedad Española de Ciencias Hortícolas

Patrocinan

VITIS NAVARRA®
GENÉTICA Y PLANTAS DE VID

JULIÁN PALACIOS
Viticultura Viva

agrolab consultores

CROMOENOS®
WINE TESTING SOLUTIONS

METER GROUP
APOGEE INST
LABFERRER
FOOD - ENVIRONMENT - CROP

Colaboran

VINOS D.O.
NAVARRA

Reyno Gourmet
CALIDAD NAVARRA
NAFAR KALITATEA

MUSEO DE NAVARRA

EVENA
Gobierno de Navarra
Nafarroako Gobernua

Comité Organizador

Dr. Gonzaga Santesteban (presidente)
Dra. Nazareth Torres (vicepresidenta)
Dr. Carlos Miranda
Dr. Jorge Urrestarazu
Dra. Felicidad de Herralde
Dña. Mª Jesús Laquidain
Dra. Sara Crespo
Dña. Maite Loidi
Dña. Paula Resano
Dña. Mónica Galar
Dña. Ana Villa

Comité científico

Dr. Diego Intrigliolo (CEBAS-CSIC)
Dra. Esperanza Valdés (INTAEX)
Dra. Mar Vilanova (ICVV)
Dr. José Escalona (UIB)
Dra. Pilar Baeza (UPM)
Dr. Gonzaga Santesteban (UPNA)
Dr. José M. Martínez-Zapater (ICVV)
Dra. Felicidad de Herralde (IRTA)
Dra. María Paz Diago (UNIRIOJA)
Dr. J. Antonio Rubio (ITACYL)
Dr. Javier J. Cancela (USC)
Dr. Jesús Yuste (ITACYL)
Dra. Ana Jiménez-Cantizano (UCA)
Dr. Enrico Cretazzo (IFAPA)
Dr. David Gramaje (ICVV)
Dr. David Uriarte (CICYTEX)
Dra. Amelia Montoro (ITAP)
Dra. Adela Mena (IRIAF-IVICAM)

ÍNDICE

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

Identificación de variación clonal funcional en Tempranillo y Garnacha mediante el uso de ensamblajes de genomas de referencia varietales……13

P. Carbonell-Bejerano, C. Royo, Y. Ferradás, M. Rodríguez-Lorenzo, N. Alañón, I. Bezrukov, C. Lanz, J. Ibáñez, D. Weigel y J. M. Martínez-Zapater

Prospección, identificación genética y conservación de parras antiguas de Almería……..17

J. Tello, Á. Galán, I. Rodríguez-Torres, J. M. Martínez Zapater, A. Rubio, J. Ibáñez

Perfil fenólico de las uvas de variedades tintas minoritarias cultivadas en España. Impacto de la variedad y zona de cultivo……..…….…22

M. Esperanza Valdés, Anna Puig, Gregorio Muñoz, grupo MINORVIN, Daniel Moreno

Semejanzas agronómicas entre diferentes variedades de las familias Garnacha y Velasco cultivadas en condiciones de sequía en La Mancha……..……..…27

A. S. Serrano Parra, J. Martínez Gascueña, G. L. Alonso, C. Cebrián-Tarancón, M. D. Carmona Zapata, A. Mena Morales, J. L. Chacón Vozmediano

Caracterización de 4 variedades tintas minoritarias de vid en la DO Arribes…….……33

J.A. Rubio, A. Martín, M.I. Andrés, M. Bueno, E. Cano, Pérez-Magariño, E. Barajas
Evaluación agronómica y enológica de cultivares antiguos de *Vitis vinifera* L. para su adecuación a zona cálida……..…38

P. Baeza, J. Ramos, C. Pérez-Cidoncha, M. Sánchez

Recuperación de biotipos de la variedad Bobal en la DO Utiel-Requena como primer paso para una selección clonal……..……...45

F. Sanz, A. Yeves, D. Guerra, I. Buesa y D.S. Intrigliolo

Exploración genómica para identificar mutaciones somáticas en plantas de la variedad Berués…….49

M. Espinal, M. Alfaro, S. Crespo-Martínez, C. Miranda, L.G. Santesteban, J. Urrestarazu

Desarrollo vegetativo y productividad de nuevos genotipos, obtenidos a partir de Monastrell, cultivados en secano en la Región de Murcia……..54

D. J. Fernández-López, P. Romero, A. Yepes-Hita, S. Lucas-Miñano, J. Martínez-Jiménez, A. Fuentes-Denia, C. Martínez-Mora, C. Ventura-Padilla, J. I. Fernández-Fernández, J. A. Bleda, E. Salmerón, I. Hita y L. Ruiz-García

Caracterización de las variedades tintas Estaladiña y Merenzao en la DO Bierzo……..59

E. Barajas, A. Martín, C. Gómez, M. Bueno, S. Pérez-Magariño, J.A. Rubio

Importancia del portainjerto en la morfología de la baya y su relación con su contenido fenólico en uva Monastrell ……...64

J.M. Navarro, P. Botía, E.I. Morote, F.M. Hernández, E. Arques, J.A. Palazón, P. Romero

Comportamiento agronómico de variedades resistentes a enfermedades en La Rioja……...….70

S.I. Blanco-González, M.M. Hernández, C.M. Menéndez

Caracterización genética y de caracteres reproductivos en variedades de vid sin semilla de Armenia……...……75

A. Nebish, P. Carbonell-Bejerano, C. Royo, J. Tello, Y. Ferradás, J. Valera, M.-T. Coronado-Parra, C. Obón, D. Rivera, J. Ibáñez, J. M. Martínez-Zapater

Impacto de la localización geográfica en el perfil fenólico de las variedades minoritarias cultivadas en España. Variedades blancas…….……..80

D. Moreno, A. Puig, G. Muñoz, grupo MINORVIN, M. E. Valdés

Estudio de prevalencia de virosis de diferentes prospecciones en viñedos antiguos del norte de España……..85

S. Crespo-Martínez, M. Ancín, O. Oneka, J. Urrestarazu, L.G. Santesteban

Perfil aromático de las variedades minoritarias Albilla do Avia y Ratiño…….….89

A. Díaz Fernandez, S. Cortés Diéguez, M.J. Grana-Caneiro, Y. Bouzas-Cid, A.Vázquez-Arias, E. Díaz-Losada

Identificación de sinonimias y homonimias en las accesiones de uva de mesa de la colección de Meknès (Marruecos) mediante marcadores SSR y SNP…….…90

L. H. Zinelabidine, J. Charafi, H. Outghouliast, A. Haddioui, J. M. Martínez-Zapater, J. Ibáñez, J. Tello

Efecto del portainjerto en el comportamiento de un clon tradicional de Monastrell en condiciones semiáridas. Resultados preliminares……99

J.M. Navarro, P. Botía, E.I. Morote, F.M. Hernández, E. Arques, J.A. Palazón, P. Romero

Caracterización del banco de germoplasma de vid (*Vitis vinifera* L.) de la EVEGA……...105

A. Díaz-Fernández, M.D. Loureiro Rodríguez, S. Pereira-Lorenzo, E. Díaz Losada

Influencia del factor portainjerto sobre la absorción mineral del cv. "Tempranillo" ……..….109

I. Martín, A. Pou, J. Martínez, L. Rivacoba, J. Portu, D. Labarga, A. Mairata, E. García-Escudero.

Calblanque, Calnegre, Gebas y Myrtia: nuevas variedades obtenidas y registradas en el IMIDA adaptadas al clima cálido de la Región de Murcia……..113

J. I. Fernández-Fernández, L. Ruiz-García, C. Martínez-Mora, R. Gil-Muñoz, J. A. Bleda, A. Fuentes-Denia, A. Cebrián, J. Cayetano Gómez-Martínez, M. J. Giménez-Bañón, D. J. Fernández-López, J. D. Moreno, A. Yepes-Hita, C.-V. Padilla, J. A. Martínez-Jiménez, S. Lucas-Miñano, E. Salmerón, I. Hita, A. Martínez-Cutillas.

Variedades minoritarias en la adaptación al cambio climático……..……118

J. Bota, E. Baraza, M. Capó, J. Cifre, M. J. Clemente-Moreno, E. Cretazzo, M. Llompart, M. Ribas-Carbó

Sesión 2- Ecofisiología vitícola: respuestas a estreses bióticos y abióticos

Estimación del estado hídrico de la vid mediante un modelo de balance hídrico del suelo: Calibración y validación para la variedad Monastrell……...……123

J.M. Mirás-Avalos, E.P. Pérez-Álvarez, D.S. Intrigliolo

La eficiencia en el uso del agua: un criterio de sostenibilidad del viñedo a considerar en nuevos programas de selección genética de la vid…….……128

J.M. Escalona, I. Buesa, I. Tortosa, E. Hernández, M. Rosello, L.G. Santesteban, N. Torres, A. Villa-Llop, J. Bota, H. Medrano.

Isohídrico y anisohídrico dos comportamientos en la vid para una misma variedad…..……...133

L.A. Mancha, D. Uriarte, M.H. Prieto.

Protección solar de las vides con la aplicación foliar de caolín. Efectos fisiológicos y sobre la composición de la uva……..…….…….139

J. M. Ramírez-Cuesta, F. Sanz-Caballer, A. Yeves-Carrascosa, D. Guerra, D. Cale, G. Piccinni, J. Marti, D. S. Intrigliolo

¿Es la medida de conductividad hidráulica una herramienta útil para evaluar la calidad de la conexión en el punto de injerto?.....144

A. Villa-Llop, D. Marín, N. Torres, S. Crespo-Martínez, J. Eraso. L.G. Santesteban

Transpiración del racimo de uva (*Vitis vinifera* L.) y su influencia en la maduración en condiciones de calentamiento global.....149

A. Cabodevilla, F. Morales, I. Pascual

Efectos en la respiración, transpiración y volumen de bayas en olas de calor simuladas en laboratorio.....153

F. De Herralde, E. Sánchez-Costa, I. Funes, X. Aranda, R. Savé, A. Sánchez-Ortiz.

Evaluación semanal del estado hídrico de cuatro variedades tintas de vid, según la frecuencia de riego deficitario – Irrivitis.....158

A. Montoro, J. Yuste, J.J. Cancela, I. Torija, D. Martínez-Porro, M. Rodríguez-Febereiro, M. Fandiño, L. A. Mancha, D. Uriarte

Manejo del estado hídrico del viñedo: metaanálisis de sus efectos sobre el rendimiento y la composición de la uva.....163

D. Uriarte, J.M. Mirás Avalos, I. Buesa, J.J. Cancela, J.L. Chacón, J.M. Escalona, D.S. Intrigliolo, M. Lampreave, A. Montoro, L. Rivacoba, F. Visconti, J. Yuste, L.G. Santesteban, C. Miranda

Análisis metabolómico de la interacción patrón-variedad en vid.....167

S. Tedesco, A. Erban, J. Kopka, P. Fevereiro, F. Kragler, A. Pina

La técnica de microinjerto in vitro revela incompatibilidad translocada en heteroinjertos de vid.....171

S. Tedesco, P. Irisarri, F. Kragler, P. Fevereiro, A. Pina

Respuestas de los portainjertos de vid a la disponibilidad hídrica: estudios en maceta y en campo.....176

I. Buesa, E. Hernández-Montes, D. Marín, L.G. Santesteban, H. Medrano, J.M. Escalona

Las aplicaciones de elicitores afectan al metabolismo flavonoide de la vid (*Vitis vinífera* L. cv. Tempranillo) a través de la sobreexpresión de genes claves de la ruta de síntesis de antocianinas.....180

N. Torres, S. Crespo-Martínez, M. Loidi[1], M. Ancín, C. Miranda, L. G. Santesteban, J. Urrestarazu

Evaluación del estado hídrico de variedades minoritarias de vid de diferentes zonas vitícolas de España por medidas de la relación isotópica del carbono ($\delta^{13}C$).....186

A. Mena Morales, J. Martínez Gascueña, J.L. Chacón Vozmediano, P.M. Izquierdo Cañas, G. Muñoz Organero, Grupo MINORVIN.

Efecto del riego en estado de parada vegetativa en el cultivo de la vid.....194

A. Montoro, G. Ortiz de Elguca, H. Picazo, I. Torija

Sintomatología específica y daños esperables provocados por heladas primaverales en vid…199

M.J. Laquidain, L.G.Santesteban, C. Miranda, J.B. Royo

Evaluando la tolerancia al estrés hídrico de diferentes clones de Monastrell en condiciones semiáridas.....204

P. Romero, P. Botía, E.I. Morote, F.M. Hernández, E. Arques, J.A. Palazón, y J.M. Navarro

Dinámica de propagación de las infecciones virales GFLV, GFkV, GLRaV-1 y -3 en tejidos en desarrollo de la vid.....210

S. Crespo-Martínez, A. Ramirez, O. Oneka, M. Ancín, J. Urrestarazu, L. G. Santesteban

Influencia del granizo sobre la composición de los vinos de la variedad Tempranillo Blanco en la D.O.Ca.Rioja.....215

J. Martínez, E. Baroja, A. Hontañón

Posible ventaja adaptativa de un clon velloso de Monastrell en condiciones de estrés ambiental.....220

P. Botía, J.M. Navarro, E.I. Morote, F.M. Hernández, E. Arques, J.A. Palazón, y P. Romero

Sesión 3- Manejo del viñedo

Aplicación de riego deficitario en distintas fases del ciclo vegetativo en cv. Verdejo en la D.O. Rueda: efectos agronómicos y cualitativos.....225

J. Yuste, D. Martínez-Porro

Riego por goteo de precisión de un viñedo de Monastrell a partir de una zonificación basada en índices de vigor vegetativo.....233

D.S. Intrigliolo, L. González-Gómez, J.F. Ortega, R. Ballesteros, J.M. Ramirez-Cuesta, A. del Castillo, P. López-García, M.T. Munuera, M.A. Moreno,

Estrategias de fertilización nitrogenada para el cultivo ecológico del cv. 'Verdejo' en la D.O. Rueda.....237

P. Junquera, A. García-Bamala, C. Fernández, E. Peiro, J.R. Lissarrague

Influencia del tipo de poda sobre los primeros años de desarrollo de cepas jóvenes……242

N. Juanena, A. Villa-Llop, O. Oneka, J. Palacios, D. Vergnes, A. Janoueix, C. Dewasme, J.P. Roby, N. Torres, L.G. Santesteban

Efectos de los ajustes del balance fuente-sumidero en la misma campaña y en campañas sucesivas en vid.....247

J. Martínez-Lüscher, S. K. Kurtural

Respuesta del cv. Verdejo a la variación de la carga en un viñedo ecológico de la D.O. Rueda.....253

A. García-Bamala, P. Junquera, C. Fernández, E. Peiro, J.R. Lissarrague

¿Puede el agua disponible del suelo explicar las diferencias en el vigor y la calidad de mosto y vino? Un caso en la D.O.Ca. Rioja 258

F. Peregrina, E.P. Pérez-Álvarez, J.M. Martínez-Vidaurre, M.S. Andrades, M.C. Ramos

Evaluación de diferentes frecuencias de riego en vid para la optimización del uso de agua con el modelo SIMDualKc.....263

G. Esteban-Sánchez, D. Uriarte, L.M. Mancha, C. Campillo, M.H. Prieto

Evaluación de la dosis y del momento de aplicación foliar de urea en la composición nitrogenada de Tempranillo y Tempranillo Blanco.....267

R. Murillo-Peña, T. Garde-Cerdán, J. M. Martínez-Vidaurre

La aplicación de agua ozonizada a la raíz y a las hojas de cepas Tempranillo influye en la aptitud enológica de las uvas.....271

C. Cebrián-Tarancón, R. Sánchez-Gómez, K. Serrano de la Hoz, M. R. Salinas, G. L. Alonso

Respuesta hídrica y fisiológica del cv. Verdejo al deshojado temprano en condiciones hídricas poco limitantes, en diferentes momentos del día, en la D.O. Rueda…….275

J. Yuste, D. Martínez-Porro

Efecto de la aplicación de agua ozonizada mediante endoterapia en la aptitud enológica de uvas Tempranillo.....282

R. Sánchez-Gómez, C. Cebrián-Tarancón, K. Serrano de la Hoz, G.L. Alonso, M.R. Salinas

Transformar la calidad aromática de la uva mediante un tratamiento en campo es una realidad al alcance de las bodegas.....287

P. M. Izquierdo Cañas, G. L. Alonso, M. R. Salinas, K. Serrano de la Hoz

Estimación temprana del rendimiento en viñedos de Tempranillo y Garnacha a partir de parámetros simples obtenidos manualmente.....292

C. Miranda, N. Torres, M. Loidi, B. Mayor, O. Oneka, L.G. Santesteban

Influencia del régimen hídrico en el rendimiento y en los parámetros de calidad de seis variedades de vid tinta recuperadas en Castilla-La Mancha: comparación con variedades ampliamente cultivadas.....297

A. S. Serrano Parra, J. Martínez Gascueña, G. L. Alonso, C. Cebrián-Tarancón, M. D. Carmona Zapata, J. L. Chacón Vozmediano

Sesión 4- Nuevas tecnologías al servicio de la viticultura

Persistencia y evolución de *Cynodon dactylon* como mala hierba en viñedo ecológico mediante teledetección con UAV.....304

J. Torres-Sánchez, P. Ramírez-Pérez, J. M. León-Gutiérrez, F. López-Granados

Aplicación variable de fitosanitarios en viña. Combinación de mapas de vegetación y boquillas de pulso variable (PWM).....308

F. Garcia-Ruiz, R. Salcedo, J. Biscamps, F. Rovira-Más, A. Cuenca, E. Gil.

Monitorización en continuo del estado hídrico del viñedo con una herramienta espectral de bajo coste y tamaño.....313

J. Fernández-Novales, I. Barrio, M. P. Diago

Uso del balance de energía en superficie para cuantificar la evapotranspiración de un viñedo en condiciones de riego deficitario y secano.....318

F. Valentín, J.M. Sánchez, A. Martínez-Moreno, D.S. Intrigliolo, I. Buesa, R. López-Urrea

Identificación de síntomas previsuales de salinidad mediante imágenes hiperespectrales infrarrojas en vid.....322

S. Arazuri, C. Pérez-Roncal, C. Jarén, G. Santesteban, D. Marín, C. Miranda, A. López-Maestresalas

Cuantificación temprana de la viabilidad de plantones de vid mediante teledetección multiespectral UAV.....327

F. J. Mesas-Carrascosa, N. Torres, J. Torres-Sánchez, A. Villa-Llop, O. Oneka, M. Loidi, G. Santesteban, F. Pérez-Porras, F. López-Granados

Seguimiento de la maduración mediante IoT – VINIOT.....331

E. Díaz-Losada, R. Pena, M. Rodríguez-Febereiro, J.J Cancela, T. Rodríguez, M.C. Saborido Díaz, M.D. Loureiro-Rodríguez, J. Illade

Metaanálisis de los efectos de la fertilización nitrogenada sobre producción y composición de la uva en vid para vinificación: resultados preliminares.....337

F. Visconti, D. S. Intrigliolo, J. M. Mirás Avalos[2]

Evaluación en campo de la respuesta fisiológica de la variedad de vid Pedro Ximénez en cultivo ecológico en una zona de clima cálido.....342

A. Amores-Arrocha, S. Gutiérrez-Gordillo, J.M. Pérez-González, P. Sancho-Galán, E. Montero, A. Jiménez-Cantizano

Eficacia del agua ozonizada en el control de enfermedades del viñedo……347

J.C. Vázquez Abal, J.J. Cancela, M. Rodríguez-Febereiro, M.A. Tubío-Fernández, J. Martínez-

Rodiño, D. Gramaje, A. Vázquez-Arias, E. Díaz-Losada

¿Se puede emplear ozono para el control de oídio (*Erysiphe necator* Schwein) en viñedo?...351

I. Cuadrado-Galera, J. Arbizu-Milagro, A. Tascón, A. Varela, F. J. Castillo-Ruiz

Viñamecum.....356

H. Maciá, J.I. García-García, D. Marín-Aragón, A. Jiménez-Cantizano

Sistema de apoyo a la decisión para la elección del portainjerto y el régimen de riego y nitrógeno en la vid para vinificación: WANUGRAPE4.0…….361

F. Visconti, I. Buesa, M. de la Fuente, J.M. Escalona, H. Medrano, C. Miranda, J.M. Mirás Avalos, J. Palacios, J.G. Pérez Pérez, J.M. Ramírez-Cuesta, P. Romero, L.G. Santesteban, N. Torres, D.S. Intrigliolo

Influencia del tamaño de pixel en el terreno (GSD) en imágenes multiespectrales de alta resolución sobre viñedos en espaldera.....365

R. Vacas, S. Vélez, E. Barajas, J.A. Rubio

COPPEREPLACE: Desarrollo de nuevas tecnologías para reducir la aplicación de cobre en los viñedos de la región SUDOE.....370

E. Sánchez, F. García-Ruíz, P. Ortega, E. Gil, A. Portella, M. de la Fuente

Estimación de LAI en cv ´Pedro Ximénez` mediante teledetección hiperespectral UAV…....375

F. J. Mesas-Carrascosa, P. Ramírez, J. Torres-Sánchez, J. Manuel León-Gutiérrez, F. Pérez-Porras, F. López-Granados

Evaluación de la nutrición foliar del viñedo mediante análisis foliares……379

M. Rodríguez-Febereiro, M. Fandiño, X.P. González, J.J. Cancela

Estimación de cosecha en cv `Pedro Ximénez´ mediante teledetección con UAV: resultados preliminares.....385

J. Torres-Sánchez, P. Ramírez-Pérez, F. J. Mesas-Carrascosa, J. M. León-Gutiérrez, F. Pérez-Porras, F. López-Granados

Sesión 5- El suelo del viñedo y su manejo

Manejo de malas hierbas bajo la línea del viñedo mediante acolchados orgánicos y su efecto sobre el vigor del cultivo.....389

C. Cabrera-Pérez, J. Llorens, À. Ecolà, A. Royo-Esnal, J. Recasens

Efectos de las cubiertas vegetales sembradas sobre un viñedo cultivado en ecológico de la variedad Pedro Ximénez.....394

P. Ramírez, J.M. Cabezas, F.C. Páez, J.M. León

Cubierta vegetal de leguminosa autóctona "Zulla" sobre la variedad Syrah cultivada en ecológico. Influencia sobre la calidad de los vinos……..……399

M.I. Fernández-Marín, M.J. Jiménez-Hierro, E. Cantos-Villar, B. Puertas

Análisis regional de las estrategias de cubiertas vegetales en los viñedos del Languedoc (sur de Francia) a través del Indicador de Cobertura 404

H. Fernández-Mena, L. Garcia, C. Gary, F. Celette, A. Metay

Cubierta vegetal espontánea como herramienta frente a la erosión en un viñedo de Rioja Alavesa.....410

R. Pérez-Parmo, A. Aizpurua, L. Zarauz, A. Uribeetxebarria, E.F. Jalón, O. Unamunzaga

Efecto de la inclinación del terreno y los factores edafoclimáticos sobre la microbiota del suelo en viñedos comerciales.....414

M. Viñas, M. Guivernau, Y. Lucas, X. Aranda, R. Savé, E. Sánchez-Costa, F. De Herralde

La inoculación de hongos micorrícicos y el manejo del riego da forma a las comunidades fúngicas y bacterianas y a sus interconexiones en los suelos vitícolas…….....419

N. Torres, R. Yu, S. K. Kurtural

Efectos del riego combinado con el mantenimiento del suelo mediante cubierta vegetal……424

S. Ibáñez, L. Rivacoba y E. García-Escudero

Variación de la fertilidad de suelos y calidad del mosto en el viñedo gallego……..……428

M.D. Loureiro Rodríguez, M.J. Graña Caneiro, A. Díaz-Fernández, E. Díaz Losada

¿Por qué aplicamos restos de pizarra en el viñedo y cómo puede afectar a la calidad de la uva?.....432

M. Vilanova, M. Fandiño, M. Rodríguez-Febereiro, J.J Cancela

Aplicación de restos de pizarra en la línea del viñedo: parámetros productivos……...……437

M. Fandiño, M. Rodríguez-Febereiro, M.T. Teijeiro, M. Vilanova, J.J. Cancela

Evaluación de los suelos de la zona vitivinícola de Montilla-Moriles para producción y calidad enológica: influencia del manejo.....442

J. Palma, J. M. León-Gutiérrez, M. C. del Campillo, A. R. Sánchez-Rodríguez, P. Ramírez Pérez.
Grupo Operativo "Suelos Vivos": Regenerando vida en suelos de viñedos gaditanos…….448

R. Ochoa-Hueso, E. Cantos-Villar, B. Puertas, M. Lara, I. M. Liberal, J. F. Aguiar, R. Casimiro-Soriguer, M. L. Muñoz, M. D. de

Toro, L. Ortiz-Medina, M. Delgado-Baquerizo, A. León, M. Morales Ariza, A. Rojas, I. León, L. Sánchez, P. Collantes, S. Aragón, M. Manzano

Influencia del factor edad del viñedo sobre la absorción mineral del cv. "Tempranillo" (*Vitis vinifera* L.).....453

I. Martín, A. Pou, J. Martínez, L. Rivacoba, J. Portu, D. Labarga, A. Mairata, E. García-Escudero

Cómo influyen las cubiertas vegetales temporales en la maduración de la uva de la variedad Pedro Ximénez cultivada en ecológico.....457

J.M. León, J.M. Cabezas y P. Ramírez

Manejo de cubiertas vegetales en viñedos mediante "roller crimper" para el control de infestaciones de grama (Cynodon dactylon).....462

J. Recasens, C. Cabrera, B. Català, B. Baraibar, A. Royo

Cubierta vegetal bajo las cepas: una alternativa viable para el control de malas hierbas en clima mediterráneo.....466

J. Abad, R. Marín, J. F. Cibriaín, A. Sagüés, L. G. Santesteban

Sesión 6- El agrosistema vitícola sostenible. Terroir y adaptación a un escenario de cambio climático

Vendimia tardía mediante forzado de las yemas en vid, una alternativa de manejo para viñedos de clima cálido…….....470

D. Uriarte, N. Lavado, L. A. Mancha, M.E. Valdés, D. Moreno, M.H. Prieto

Evaluación del impacto sobre la diversidad de artrópodos de actuaciones de promoción de la biodiversidad en el viñedo y su entorno en Rioja Alavesa (España)…….……474

B. Sebastián, L.G. Santesteban, M. Rodríguez, I. Arzoz, M. Loidi, O. Oneka, L. R. Román-Fernández, A. Crespo-Susperregui, G. Sáenz de Samaniego, J. Palacios

Principales impactos del cambio climático en cultivo de la vid en la D.O. Empordà y estrategias de adaptación en la media montaña mediterránea…….……480

I. Funes, E. Sánchez-Costa, F. de Herralde, M. Prohom, V. Altava-Ortiz, A. Barrera-Escoda, X. Aranda, A. Sánchez-Ortiz, R. Savé

Efecto combinado del deshojado y el sombreo sobre la maduración de la uva en Manto negro (*Vitis vinifera* L.) con dos estrategias de riego.....484

E. Hernández-Montes, B. Padilla, J. Puigserver, J. Bota

Desarrollo de dos estrategias de fertilización orgánica en viña adaptadas a condiciones del cambio climático.....490

J. Onieva Iturgaiz, J. F. Cibriain Sabalza

Zonificación agroclimática para la variedad 'Bobal' en la D.O. Utiel-Requena ……..495

J.M. Ramírez-Cuesta, D.S. Intrigliolo, M. Tasa, J.G. Pérez-Pérez

Proyecto NOVATERRA: reduciendo el uso e impacto de los productos fitosanitarios en el viñedo mediterráneo.....500

F. De Herralde

Emisiones de CO_2 en suelos de viñedo con diferentes acolchados orgánicos……...505

E. Rodrigo, R. Murillo, A. Pou, J. M. Martínez Vidaurre

Efecto de diferentes estrategias de riego deficitario en cv. Verdejo, como medidas de adaptación al cambio climático: respuesta morfológica, fisiológica y cualitativa del cultivo….....509

S. Villanueva, P. Baeza, R. Pedrosa, C. Moro, J. R. Lisarrague, A. Guadarrama, J. Andrés Pinto Solano, R. González-Herranz.

Influencia de distintos sistemas de conducción en el rendimiento y desarrollo vegetativo de la variedad Pedro Ximénez cultivada.....515

J.M. Cabezas, J.M. León, L.J. Repiso, P. Ramírez

Aprovechamiento de los sarmientos de poda como aditivos enológicos capaces de modular el carácter verde de los vinos (Patente PCT/EP2021/082717)……..520

C. Cebrián-Tarancón, F. Fernández-Roldán, R. Sánchez-Gómez, A. Zalacain, G. L. Alonso, M. R. Salinas.

Evaluación de la aplicación de etefón sobre la maduración y la calidad de la uva de Tempranillo Blanco.....525

J. Portu, P. Santamaría, A. R. Gutiérrez, L. González-Arenzana, J. Martínez

Malla de sombreado para reducir la temperatura del racimo. Una técnica de adaptación a los efectos del cambio climático.....529

S. Ibáñez, L. Rivacoba, E. García-Escudero

Desarrollo de inoculantes microbianos mediante fertilización en fase sólida para acelerar la transición ecológica de los viñedos 534

J. F. Aguiar, I. M. Liberal, M. L. Muñoz, E. Cantos-Villar, B. Puertas, R. Ochoa-Hueso

Explorando el potencial bioestimulante del alga invasora Rugulopterix okamurae en vid…...539

A. M. Diez-Navajas, A. Mena-Petite, E. Pilar Perez-Alvarez, M.T. Lacuesta, E. Cretazzo, U. Pérez-López, M.J. Jiménez-Hierro, B. Puertas, N. Bertazzon, D. Llamazares, C. Fernández-Díaz[7], I. Zarraonaindia, E. Cantos-Villar

La poda tardía: una herramienta vitícola de adaptación al cambio climático……544

E. P. Pérez-Álvarez, A. Martínez-Moreno, A. Benítez-Jiménez, A. Soriano-Gil, M. Parra, D.S. Intrigliolo

SESIÓN 1. Caracterización agronómica, genética y molecular del material vegetal.

Identificación de variación clonal funcional en Tempranillo y Garnacha mediante el uso de ensamblajes de genomas de referencia varietales

P. Carbonell-Bejerano[1*], C. Royo[1], Y. Ferradás[1], M. Rodríguez-Lorenzo[1], N. Alañón[1], I. Bezrukov[2], C. Lanz[2], J. Ibáñez[1], D. Weigel[2] y J. M. Martínez-Zapater[1]

[1] Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC-Gobierno de La Rioja-UR), 26007 Logroño, España
[2] Department of Molecular Biology, Max-Planck-Institute for Biology, 72076 Tuebingen, Germany
Autor: pablo.carbonell@icvv.es

Resumen

Las variedades de vid (*Vitis vinifera* L.) se caracterizan por su alta heterocigosidad (variación entre sus copias genómicas de herencia materna y paterna), lo que obliga a la propagación vegetativa como única vía posible para reproducir su genotipo y sus características varietales. Sin embargo, la propagación vegetativa prolongada da lugar a la acumulación de mutaciones somáticas que en ocasiones pueden producir fenotipos de interés que son la base para la mejora mediante selección clonal. En este trabajo hemos producido ensamblajes de los genomas de Tempranillo y Garnacha. Usando los ensamblajes como referencia, pudimos identificar variación genómica responsable de caracteres de interés en clones o variantes somáticas seleccionadas de cada variedad. En Tempranillo se identificó una deleción de gran tamaño en un clon con color de baya más oscuro de lo normal, relacionada con una reducción en la acumulación de ceras en la cutícula de la baya. En Garnacha se identificaron dos patrones de deleción distintos que causan la pérdida de los genes *MYB* necesarios para la síntesis de antocianinas en el hollejo, que suponen dos orígenes independientes de la variedad Garnacha Blanca. Estos resultados muestran como el ensamblaje de genoma puede ayudar a conocer el origen de las características varietales y posibilitar la trazabilidad de variación genética clonal útil para la innovación intravarietal.

Palabras clave: ensamblaje de genomas, Garnacha, selección clonal, Tempranillo, variación genética somática.

INTRODUCCIÓN

Las variedades de vid se reproducen vegetativamente para acortar los ciclos de propagación y porque, dada la heterocigosidad de sus genomas, la reproducción sexual da lugar a una segregación alélica que no permite mantener los atributos varietales. Las variedades tradicionales han sido propagadas vegetativamente durante periodos largos desde que germinó la semilla ancestral, lo que en ocasiones puede haber ocurrido hace varios siglos. Estos procesos prolongados de propagación permiten la acumulación de un número reducido de mutaciones somáticas que dan lugar a distintos linajes clonales de la misma variedad (Calderon et al. 2021). En ocasiones, alguna de estas mutaciones puede producir fenotipos de interés, siendo ésta la fuente de variación que sirve de base para la mejora mediante selección clonal (Carbonell-Bejerano et al. 2019). De este modo, la selección clonal puede perseguir la identificación de variantes que permitan incrementar la calidad de la producción y adaptarla a

condiciones cambiantes como las que representa el contexto de cambio climático y de nuevas demandas de la sociedad a las que se enfrenta la viticultura actualmente.

La selección clonal permite la evolución y mejora de las variedades tradicionales locales, manteniendo a su vez los atributos varietales de calidad que otorgan tipicidad a las regiones en las que llevan cultivándose incluso durante siglos. Sin embargo, dado su carácter clonal, se requiere identificar las mutaciones responsables de los fenotipos variantes seleccionados para poder desarrollar marcadores moleculares que garanticen la trazabilidad de los clones mejorados. Para facilitar esta tarea, en este trabajo nos propusimos producir el ensamblado *de novo* de los genomas de Tempranillo y Garnacha, que son respectivamente, la tercera y la quinta variedad de vinificación de tintos con mayor superficie de cultivo en el mundo (OIV, 2018). Usando estos ensamblajes como referencia, tratamos de identificar mutaciones responsables de variantes somáticas con fenotipos mejorados o innovadores en cuanto al color de la baya y de los vinos que producen.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ensamblaje de genomas

Se obtuvo ADN de alto peso molecular tras el aislamiento de núcleos de células de hoja que fueron procesado con el kit de extracción de ADN 'Nanobind Plant Nuclei Big DNA Kit' (Circulomics). En Tempranillo, el ADN se secuenció con las tecnologías de lecturas largas de PacBio CLR y Oxford Nanopore Technologies (ONT); y para Garnacha, usando la tecnología de última generación PacBio HiFi que no solo produce lecturas largas, sino que incrementa su fiabilidad hasta >99%. Para el ensamblaje de genoma de Tempranillo se siguió la estrategia de 'Canu trio binning' usando información de su pedigrí y para Garnacha la aplicación Hifiasm (Cheng et al. 2021; Koren et al. 2018). Las copias genómicas ensambladas se compararon usando la herramienta bioinformática SyRI (Goel et al. 2019).

Búsqueda de mutaciones responsables de variación somática

Mediante lecturas cortas de Illumina, se re-secuenció el genoma de una variante de uva más oscura de Tempranillo y utilizando ONT, el de variantes de uva Blanca de Garnacha, junto con accesiones control. El ADN se extrajo con el kit Plant Mini kit de Qiagen. Los genomas re-secuenciados se alinearon a los ensamblajes de genoma de cada variedad para identificar mutaciones somáticas de pequeño tamaño (SNVs e InDels) y variación estructural de genoma usando las herramientas bioinformáticas GATK, DELLY y Sniffles.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

En Tempranillo aprovechamos el conocimiento de su pedigrí para reconstruir por separado sus dos copias genómicas para los 19 cromosomas. En Garnacha se pudieron separar las dos copias de cada región genómica en ausencia de información de pedigrí, gracias a la precisión de la tecnología de secuenciación de lecturas largas PacBio HiFi. En ambas variedades, la variación entre las copias genómicas ensambladas es del 2% en cuanto a variantes de pequeño tamaño (SNP e InDel) y >12% en cuanto a reorganizaciones genómicas estructurales (Tabla 1). Estos resultados muestran que la variación entre las dos copias genómicas presentes en una variedad de vid está en torno al 15% del tamaño del genoma, lo que corrobora su alta heterocigosidad. Estos resultados apuntan a la necesidad de ensamblajes específicos de cada variedad y en los que se resuelvan los dos haplotipos (o copias genómicas) para poder representar la totalidad de la diversidad de sus genomas.

En Tempranillo se identificó una deleción de gran tamaño (>10 Mb) en el cromosoma 11 como la mutación responsable del fenotipo del clon de baya oscura (Fig. 1A). Esta variación se confirmó tanto con la detección de los puntos de rotura, como con la caída del número de lecturas de secuenciación y de la heterocigosidad. El punto de rotura de la deleción se validó mediante una PCR que puede usarse como marcador molecular para la identificación del clon. A su vez, estudiando la secuencia del ensamblaje de genoma de Tempranillo se halló que esta deleción desenmascara una copia no funcional de un gen de acumulación de ceras en la cutícula que podría ser responsable directo del color de baya más intenso del clon.

Un análisis de variación estructural sobre secuenciación ONT del genoma de accesiones de Garnacha Blanca de origen independiente identificó puntos de rotura de patrones distintos de deleción en el cromosoma 2. Se identificó patrón de deleción simple de 1 Mb y otro con una deleción de 1.5 Mb repartidas en dos fragmentos que se hallan discontinuos en el genoma ancestral de Garnacha, lo que se asocia a una inversión de la región (Fig. 1B). En ambos patrones, las deleciones eliminan la única copia del alelo funcional de los genes *MYBA1* y *MYBA2* presentes en el genoma de Garnacha, genes que son esenciales para la acumulación de antocianinas en el hollejo (Walker et al., 2007). Los puntos de rotura ocurren en regiones específicas del genoma de Garnacha frente al genoma de referencia derivado de Pinot Noir, por lo que solo han podido identificarse gracias a disponer del ensamblaje *de novo* de Garnacha. Estas deleciones también se validaron mediante amplificaciones PCR que pueden utilizarse para la trazabilidad de accesiones de Garnacha Blanca que procedan de alguno de estos dos orígenes mutacionales que son los únicos que se han identificado para esta variedad.

REFERENCIAS

Calderon, L., Mauri, N., Munoz, C., Carbonell-Bejerano, P., Bree, L., Bergamin, D., Sola, C., Gomez-Talquenca, S., Royo, C., Ibanez, J., Martinez-Zapater, J. M., and Lijavetzky, D. (2021). Whole genome resequencing and custom genotyping unveil clonal lineages in 'Malbec' grapevines (*Vitis vinifera* L.). Sci. Rep. **11**, 7775.

Carbonell-Bejerano, P., Royo, C. , Mauri, N. , Ibáñez, J. , Martínez-Zapater, J. M. (2019). Somatic Variation and Cultivar Innovation in Grapevine. *In* "Advances in Grape and Wine Biotechnology" (A. Morata, Loira, I., ed.). IntechOpen, Rijeka.

Cheng, H., Concepcion, G. T., Feng, X., Zhang, H., and Li, H. (2021). Haplotype-resolved de novo assembly using phased assembly graphs with hifiasm. Nat. Methods **18**, 170-175.

Goel, M., Sun, H., Jiao, W. B., and Schneeberger, K. (2019). SyRI: finding genomic rearrangements and local sequence differences from whole-genome assemblies. Genome Biol. **20**, 277.

Koren, S., Rhie, A., Walenz, B. P., Dilthey, A. T., Bickhart, D. M., Kingan, S. B., Hiendleder, S., Williams, J. L., Smith, T. P. L., and Phillippy, A. M. (2018). De novo assembly of haplotype-resolved genomes with trio binning. Nat. Biotechnol. **36**, 1174-1182

OIV (2018). Distribution of the world's grapevine varieties. *In* "Focus OIV 2017" (O.-I. o. o. v. a. wine, ed.). OIV, Paris – France.

Walker, A. R., Lee, E., Bogs, J., McDavid, D. A., Thomas, M. R., and Robinson, S. P. (2007). White grapes arose through the mutation of two similar and adjacent regulatory genes. Plant J. **49**, 772-85.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada con fondos EU de la Marie Skłodowska-Curie Individual Fellowship (SomaGrapeGenome, 79460) y de los proyectos del Ministerio de Economía (SOMAVID, BIO2014-59324) y del Ministerio de Ciencia e Innovación (DIGEVIDA, PID2020-120183RB-I00), así como con fondos de la 'Max Planck Society'.

Tabla 1. Variación entre las dos copias genómicas ensambladas en cada variedad

Variedad	SNP	InDel	Variación estructural	Total
Tempranillo	0.6%	1.4%	15.4%	17.4%
Garnacha	0.8%	1.6%	12.6%	15.0%

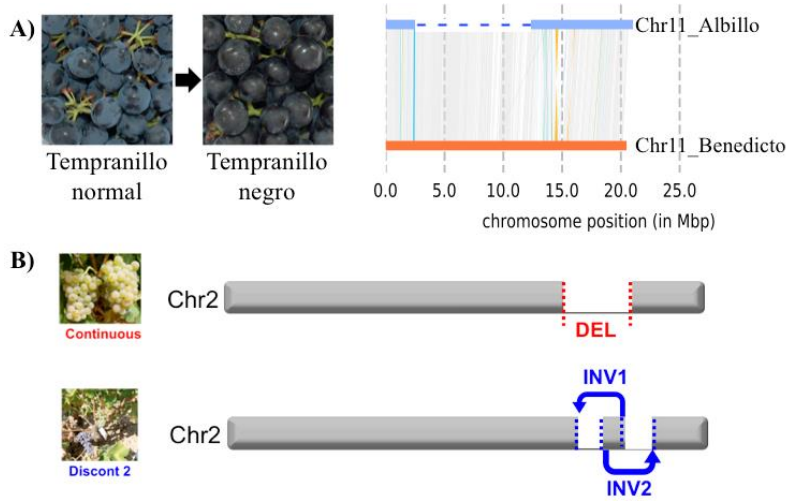


Fig. 1. Mutaciones asociadas a los fenotipos seleccionados en las variantes clonales. A) Deleción asociada al origen del Tempranillo de uva oscura. B) Dos patrones de deleción que suponen dos orígenes genéticos independientes de Garnacha Blanca.

Prospección, identificación genética y conservación de parras antiguas de Almería

J. Tello[1]*, Á. Galán[1], I. Rodríguez-Torres[2], J. M. Martínez Zapater[1], A. Rubio[3], J. Ibáñez[1]

[1] Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC-Gobierno de La Rioja-Universidad de La Rioja), Logroño, España
[2] Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA), Jerez de la Frontera, España
[3] Grupo Ecologista Mediterráneo, Almería, España

* *javier.tello@icvv.es*

Resumen

La producción de uva de mesa (*Vitis vinifera* L.) es una práctica tradicional en el sur de España, donde se han cultivado variedades locales para autoconsumo durante siglos. En este trabajo, se ha estudiado la diversidad genética de 212 parras cultivadas en muchos casos de forma aislada de distintas localizaciones de la provincia de Almería (Andalucía, España). Su caracterización genética mediante marcadores moleculares tipo SSR y SNP ha permitido identificar 74 perfiles genéticos distintos, incluidos los de 38 variedades de vid conocidas. Así, se han encontrado ejemplares de variedades de uva de mesa de gran arraigo en el sur peninsular, como 'Beba' (encontrada 29 veces), 'Ahmeur Bou Ahmeur' (24), 'Negra Rayada' (13), y 'de Cilindro' (11). Por otro lado, se han encontrado 36 perfiles genéticos que no coinciden con los almacenados en bases de datos nacionales e internacionales. Algunos de ellos se han encontrado en varias plantas cultivadas en distintas zonas de Almería, sugiriendo que son auténticas variedades sometidas a propagación vegetativa. Los análisis de parentesco realizados indicaron que algunos de estos perfiles de identidad desconocida están íntimamente relacionados con variedades importantes de la Península Ibérica. Estos resultados muestran que el método tradicional de cultivo de parras locales de uva de mesa permitió generar reservorios de diversidad, que hoy en día pueden aprovecharse como fuente de diversidad.

Palabras clave: Diversidad, Genotipado, Recursos genéticos, SNP, SSR.

INTRODUCCIÓN

La producción de uva de mesa es una parte relevante del sector vitivinícola nacional, especialmente en el este y sur peninsular. Las condiciones climáticas de estas regiones propician el desarrollo de este cultivo, pudiéndose escalonar la producción de uva desde principios de verano hasta finales de año. El panorama varietal actual se caracteriza por un alto dinamismo, en el que continuamente se introducen nuevas variedades de uva de mesa mejoradas diseñadas para satisfacer los gustos del consumidor (Ibáñez et al., 2015). Sin embargo, existe un gran número de variedades de uva de mesa autóctonas que se han cultivado de manera tradicional para autoconsumo durante siglos, en parcelas familiares o en fincas particulares. Esta actividad ha permitido la conservación de parras antiguas de generación en generación, lo que a su vez ha

hecho que se mantengan múltiples genotipos que de otra manera podrían haber desaparecido.

Consciente de la importancia de mantener esta riqueza genética, el Grupo Ecologista Mediterráneo (GEM) lleva décadas localizando e inventariando parras antiguas de uva de mesa en la provincia de Almería (Andalucía, España) a través del proyecto "Biodiversidad Domesticada" (www.gem.es/biodiversidad.html). Tras recopilar información de agricultores locales y tras múltiples expediciones, su trabajo ha derivado en la localización de centenares de parras centenarias cultivadas de forma tradicional. Así, el objetivo principal de este trabajo ha consistido en la caracterización genética de estas parras antiguas para evaluar su nivel de diversidad. Además, los perfiles genéticos obtenidos se han comparado con los almacenados en distintas bases de datos para su identificación varietal, y se han sometido a un análisis de parentesco para determinar sus relaciones paterno-filiales.

MATERIAL Y MÉTODOS

En este trabajo se han analizado 212 parras de vid antiguas localizadas por el GEM en parcelas particulares para autoconsumo o como parras abandonadas en la provincia de Almería. De cada planta localizada se recogieron de 5 a 10 hojas jóvenes, de donde se extrajo el ADN genómico total según Tello et al. (2015). La caracterización genética de estas parras se llevó a cabo mediante la combinación de dos tipos de marcadores: 11 SSRs (*VVS2*, *VVMD5*, *VVMD7*, *VVMD27*, *VVMD32*, *VrZAG29*, *VrZAG62*, *VrZAG67*, *VrZAG79*, *VrZAG83*, y *VrZAG112*), y 240 SNPs, tal y como se detalla en Nebish et al. (2021). Este panel de SNPs incluye tres SNPs cloroplásticos que permiten diferenciar los principales clorotipos de la vid cultivada. Para la identificación varietal, los perfiles genéticos obtenidos (SSRs y SNPs) se compararon con los de las bases de datos del *Vitis* International Variety Catalogue (*V*IVC, http://www.vivc.de), y del Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV). El análisis de parentesco realizado se basó en datos de SNPs, usando el método probabilístico implementado en el software Cervus v.3.0 y siguiendo lo descrito en Nebish et al. (2021).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis genético de 212 parras antiguas de la provincia de Almería permitió diferenciar hasta 74 perfiles genéticos distintos. La comparación de estos perfiles con los recogidos en las bases de datos del *V*IVC y del ICVV permitieron identificar 38 de esos perfiles como variedades de vid conocidas. Entre ellos, destacaron por su alta frecuencia las variedades de uva de mesa 'Beba', 'Ahmeur bou Ahmeur' (sinónimo de 'Teta de Vaca'), 'Negra Rayada', y 'De Cilindro', encontradas 29, 24, 13 y 11 veces, respectivamente (Tabla 1). Estas variedades cuentan con una gran tradición en la producción de uva de mesa en el sur peninsular, quedando algunas ya citadas hace siglos como variedades de uva de mesa cultivadas en Andalucía en el ensayo de Rojas Clemente y Rubio (1807).

Por otro lado, se encontraron 36 perfiles genéticos que no coincidieron con los recogidos en las bases de datos consultadas. De estos perfiles genéticos, 13 se encontraron más de una vez en el conjunto de parras estudiadas, en distintos puntos de la provincia. Este hallazgo sugiere que estos genotipos han sido sometidos a diversos procesos de propagación vegetativa para su multiplicación en algún momento de su historia, lo que hace que se puedan considerar auténticas variedades de vid en peligro de desaparición. Entre ellas, cabe destacar los genotipos denominados "Desconocida Benitorafe", "Corazón de Gallo", "Villa Molinero (Colorá)", "Flor de Baladre", y "Albilla Negra" por su alta frecuencia (Tabla 1). Resulta interesante que en el ensayo de Rojas

Clemente y Rubio (1807) ya se recoge la presencia de una variedad de vid poco conocida del municipio de Gérgal (Almería) denominada "Corazón de Gallo", de la que el único atributo que se destaca es el tener "uvas puntiagudas y negras". Igualmente, en el trabajo de Rojas Clemente y Rubio (1807) se recoge una variedad de vid de la comarca almeriense de Los Vélez llamada "Flor de Baladre". Según su descripción, se trata de una variedad poco conocida de "cepas poco vivaces, con sarmientos muy tiernos, pocos racimos, y uvas muy gruesas, oblongas, rojizas, de hollejo grueso y sabrosas". Así, la caracterización ampelográfica de las parras disponibles para estos genotipos permitirá sugerir (o descartar) si se trata de las variedades descritas bajo estas denominaciones en la obra de Rojas Clemente y Rubio (1807) hace más de dos siglos.

Tabla 1.- Genotipos encontrados más de dos veces en las parras de vid antiguas estudiadas de la provincia de Almería.

Nombre Genotipo[1]	Nº Muestras	Nº Variedad *V*IVC	Origen Variedad[2]
Beba	29	22710	España
Ahmeur Bou Ahmeur	24	140	Argelia
Negra Rayada	13	1494	España
De Cilindro	11	3470	España
Molinera	8	7900	España
Dominga	8	4985	España
Desconocida Benitorafe	7	-	-
Corazón de Gallo	7	-	-
Villa Molinero (Colorá)	5	-	-
Flor de Baladre	4	-	-
Cayetana Blanca	4	5648	España
Listán Prieto	4	6860	España
Ohanes	4	8716	España
Albilla Negra	4	-	-
Castillo de Benizalón	3	-	-
Ciruela Roja	3	2686	España
Imperial	3	-	-
Imperial Roja	3	22740	España
Valenci	3	-	-

[1] Los genotipos sin correspondencia en las bases de datos consultadas (en cursiva) se indican con uno de los nombres usados localmente para su designación, o con una referencia al lugar donde se prospectaron.
[2] Información disponible en el *V*IVC (http://www.vivc.de).

Por último, el análisis de parentesco realizado permitió identificar el pedigrí completo de algunas de estas variedades desconocidas (Fig. 1). Así, se encontró que los genotipos desconocidos "Corazón de Gallo" y "Tehal Plazoleta 7" son resultado del cruce entre las variedades 'Naparo' (femenina) y 'Beba', y que el genotipo desconocido "Blanca de los Ríos" lo es de la variedad 'Beba' y del genotipo desconocido "Villa Molinero (Colorá)". Igualmente, se encontró que el genotipo desconocido llamado "Vid silvestre de la Cerrá" es compatible con ser el resultado de una autofecundación de la variedad 'Beba'. Por otro lado, se encontró que el genotipo desconocido "Rosada de Venta

Torre" es descendiente de las variedades 'Ohanes' (femenina) y 'Afus Ali', y se confirmaron los pedigríes indicados previamente con microsatélites para las variedades 'Ciruela Roja', 'Colgar Roja', e 'Imperial Roja' (= 'Ohanes' × 'Ragol') (Vargas et al. 2009). Estos resultados añaden evidencia a la relevancia de las variedades 'Beba' (descendiente de 'Hebén') y 'Ohanes' en la generación de parte de la diversidad genética de la vid de la Península Ibérica.

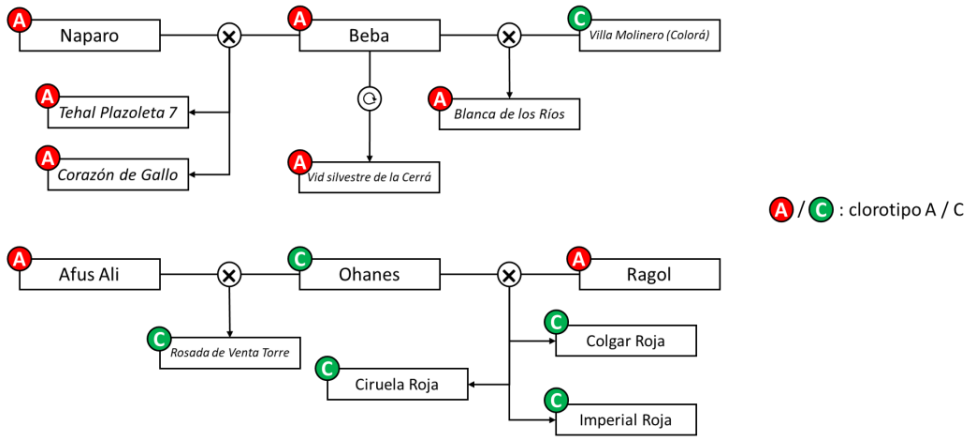


Fig. 1. Relaciones filogéneticas de primer grado principales detectadas entre los genotipos encontrados en este trabajo. En cursiva, se destacan los genotipos de identidad desconocida.

Nuestros resultados indican que la conservación de variedades locales de uva de mesa de manera tradicional ha permitido generar reservorios de diversidad genética que hoy en día pueden resultar de interés como fuente de diversidad para afrontar los retos actuales del sector vitivinícola. Los recursos genéticos identificados en este trabajo se han puesto en colección para su caracterización agronómica, y se distribuyen cada año entre productores locales de Almería para fomentar su conservación.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los viticultores su dedicación a la hora de cuidar las cepas estudiadas, así como su disponibilidad a colaborar. Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación del GEM y a fondos propios del grupo de Genética y Genómica de la Vid del ICVV.

REFERENCIAS

Ibáñez, J., Carreño, J., Yuste, J., Martínez-Zapater, J.M. 2015. Grapevine breeding and clonal selection programmes in Spain. p. 183-209. En: Reynolds, A. (ed.), Grapevine and breeding programs for the wine industry, Vol. 1. Woodhead Publishing.

Nebish, A., Tello, J., Ferradás, Y., Aroutiounian, R., Martínez-Zapater, J.M., Ibáñez, J. 2021. SSR and SNP genetic profiling of Armenian grape cultvars gives insights into their identity and pedigree relationships. OENO-One 4, 101-114.

Rojas Clemente y Rubio, S. 1807. Ensayo sobre las variedades de vid común que vegetan en Andalucía. Villalpando, Madrid.

Tello, J., Torres-Pérez, R., Grimplet, J., Carbonell-Bejerano, P., Martínez-Zapater, J.M., Ibáñez, J. 2015. Polymorphisms and minihaplotypes in the *VvNAC26* gene associate with berry size variation in grapevine. BMC Plant

Biol. 15:253.

Vargas, A.M., de Andrés, M.T., Borrego, J., Ibáñez, J. 2009. Pedigrees of fifty table grape cultivars. Am. J. Enol. Vitic. 60 (4), 525-532.

Perfil fenólico de las variedades minoritarias tintas cultivadas en España. Impacto de la variedad y zona de cultivo

M. Esperanza Valdés*[1], Anna Puig[2], Gregorio Muñoz[3], grupo MINORVIN[4] y Daniel Moreno[1]

[1]Área de Enología, Instituto Tecnológico Agroalimentario de Extremadura, CICYTEX, Junta de Extremadura, Badajoz.

[2]Instituto Catalán de la Viña y el Vino (INCAVI)- Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) Plaça Àgora, 2. 08720 Vilafranca del Penedès, (Barcelona), España

[3]Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario. (IMIDRA) Madrid, España. Finca El Encín, 28805 Alcalá de Henares (Madrid), Spain.

[4] Integrantes Valorización de variedades minoritarias de vid por su potencial para la diversificación vitivinícola y de resiliencia al cambio climático (MINORVIN) RTI2018-101085-R-C00.

* *M. Esperanza Valdés: esperanza.valdes@juntaex.untaex.es*

Resumen

Este trabajo, incluido en el proyecto MINORVIN, se centra en la determinación y análisis del perfil polifenólico de uvas de 38 variedades de *Vitis vinifera* L. procedentes de ocho zonas vitivinícolas típicas de España (Andalucía, Aragón, Cataluña, Castilla-La Mancha, Castilla y León, Galicia, Madrid, Navarra y País Vasco) de las campañas 2019 y 2020. Las variedades investigadas se consideran minoritarias, excepto la Tempranillo que se emplea como variedad control. Las sustancias polifenólicas se extrajeron de las uvas y luego se identificaron y cuantificaron por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Se analizaron 36 compuestos agrupados en antocianos (Ant), flavanoles (FLAVA), flavonoles (FLAVO), ácidos fenólicos (hidroxicinámicos y benzoicos) (Ac), y estilbenos (Est). Los resultados se sometieron a análisis estadístico MANOVA para investigar la influencia de la variedad, la zona, año y las interacciones variedad*zona, variedad *año en las concentraciones de esas familias fenólicas. El factor variedad resultó ser significativo (p<0,001) en todas ellas y, por lo general, fue el que explicó el mayor porcentaje de la varianza intermuestras (84,5 % en Ant y únicamente 8,5 % en el de ácidos fenólicos). El perfil fenólico de las diferentes muestras se estableció calculando los porcentajes de cada una de las familias respecto al contenido total de polifenoles totales. Los resultados se sometieron a análisis de *cluster*, el cual estableció seis grupos de muestras, cada uno de ellos con un perfil fenólico característico y diferenciado. Por lo general una misma variedad cultivada en diferentes zonas se situó en un determinado grupo.

Palabras clave: antocianos, catequina, terroir, flavonol

INTRODUCCIÓN

La recuperación, caracterización y selección de variedades minoritarias es actualmente una tarea primordial para viticultores y enólogos pues supone un aumento del patrimonio varietal, y por tanto un aumento de la diversidad de los vinos comercializados. Se considera variedad minoritaria aquella cuya superficie de cultivo está por debajo de 1.000 ha a nivel nacional, y que se encontraba citada como variedad cultivada antes del ataque filoxérico y también aquellas que no existen en el Registro Vitícola, y aparecen en varias parcelas de más de 70 años en una o más Comunidades Autónomas. En el caso de cultivares tintos, el conocimiento y distribución de los compuestos fenólicos es clave para conocer sus posibilidades enológicas y poder indicar normas y consejos de vinificación. Este trabajo investiga el perfil fenólico de 38 variedades de *Vitis vinifera* L. procedentes de nueve zonas vitivinícolas típicas de España (Andalucía, Aragón, Cataluña, Castilla-La Mancha, Castilla y León, Galicia, Madrid, Navarra y País Vasco) de las campañas 2019 y 2020.

MATERIAL Y MÉTODOS

En todas las variedades y zonas, y en las dos vendimias en estudio, las uvas se vendimiaron con un GAP (grado de alcohol probable) entre 12-14 (% v/v). Las muestras se congelaron y enviaron al INTAEX donde se mantuvieron congeladas hasta su procesado. La extracción, identificación y cuantificación de los compuestos fenólicos se basó en los métodos recogidos en Moreno et al. (2022). Se identificaron un total de 36 sustancias fenólicas agrupadas en antocianos (Ant), flavonoles (Flavo), catequinas (Cat) y procianidinas (Pro), ácidos fenólicos (Ac) y estilbenos (Est). Los compuestos se cuantificaron en mg sustancia.kg^{-1} de uva fresca y el valor de polifenoles totales se obtuvo a partir del sumatorio de todas las sustancias cuantificadas. Los resultados se sometieron a análisis de varianza MANOVA en el que se consideraron los efectos variedad, zona y año y las interacciones variedad*zona y variedad*año. Se calcularon los porcentajes medios bianuales de cada familia respecto a la cantidad total de polifenoles obteniendo así los perfiles fenólicos de cada variedad y los resultados se sometieron a un análisis de clúster. Se empleó el paquete estadístico XLSTAT (Addinsoft, París).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra los resultados de los datos medios obtenidos para las diferentes variedades procedentes de las diferentes zonas en el periodo 2019-2020. Las variedades ‘Rejano tinta’ y ‘Zamarrica’ destacaron por su alto contenido fenólico. Por lo general las muestras procedentes de Castilla y León son las más ricas en sustancias antociánicas mientras que los valores más pequeños se observan en las de Aragón y Cataluña. Las variedades gallegas analizadas suelen ser las más ricas en sustancias no antociánicas. La Tabla 2 muestra los resultados del MANOVA. Los resultados muestran que el factor varietal es el que explica el mayor porcentaje de variación. Ant es el grupo más dependiente del factor varietal seguidos de Cat, Pro, Est y finalmente Flavo; la zona incide en gran medida en la concentración de Ant y muy poco en la de Ac. Los porcentajes de las familias se sometieron a análisis de clúster, clasificando las muestras en 6 clases (Tabla 1 y Fig. 1). De mayor a menor % de Ant, la clase 5 engloba las variedades con el mayor porcentaje de Ant (~ 70 %). Los perfiles fenólicos de las variedades englobados en el grupo 3 y 1 son similares; en ambos casos contienen un buen porcentaje de flava (Cat y Pro), sustancias que aportarán astringencia y pueden contribuir a

estabilizar el color de los vinos elaborados con estas uvas; en las del 1 predominan Cat y en las del 3, Pro. En las clases 2, 4 y 6 se incluyen muestras en cuyo perfil no predominan Ant (50 % > % Ant). Las de la clase 2 destacaron por su alto % Cat, y las de la 4 tuvieron los mayores % Flavo de todas las muestras. 'MC1'fue la única variedad incluida en la clase 6 y destacó por ser una variedad no antociánica con altos % de Cat y Pro. Por lo general, las muestras de una determinada variedad y diferentes zonas pertenecen a la misma clase.

Tabla 1.-Contenidos de familias fenólicas en variedades minoritarias y grupo al que pertenecen las diferentes variedades según el clúster.

Región	Año	Variedad	mg/kg uva fresca								grupo de cluster
			Polifenoles totales	Σ Ant	Sustancias no antociánicas Σ No Ant	Cat	Pro	Flavo	AF	Est	
Andalucia (AND)	19	Corchera	1372.04	499.78	872.26	363.07	348.10	135.09	23.25	2.75	1
	20		1568.93	364.99	1203.93	392.37	653.13	128.53	28.27	1.64	
	19	Rayada Melonera	819.42	437.93	381.49	77.90	139.32	134.94	23.69	5.63	4
	20		763.89	264.67	499.23	89.96	341.26	53.49	12.96	1.55	
	19	Rejano tinta	2055.89	1378.49	677.40	179.80	347.75	115.82	32.98	1.05	1
	20		2271.87	1175.60	1096.27	181.95	714.86	174.66	23.61	1.20	
	19	Tempranillo	675.70	377.54	298.16	63.68	120.93	90.44	18.18	4.93	4
	20										
Aragón (AR)	19	Cadrete	583.69	210.82	372.86	217.94	110.16	35.04	9.33	0.39	2
	20		1012.78	198.90	813.88	451.48	238.62	98.50	24.46	0.83	
	19	Mandregue	636.01	331.56	304.45	117.40	137.81	30.83	17.60	0.80	1
	20		1051.41	315.12	736.29	190.98	404.22	90.36	48.21	2.52	
	19	Tortozona	479.35	140.26	339.10	164.17	113.96	49.82	10.05	1.09	2
	20		426.14	79.54	346.60	116.60	158.72	53.80	16.61	0.86	
Cataluña (CAT)	19	Cariñena roja	216.65	59.43	157.22	22.29	45.52	79.95	6.10	3.36	4
	20		359.30	58.15	301.15	44.51	162.17	62.58	30.30	1.59	
	19	Riera 2									5
	20		1054.52	642.10	412.43	65.56	225.28	96.78	22.62	2.19	
	19	Riera 43	342.19	130.05	212.15	62.87	67.04	73.57	7.08	1.59	4
	20		609.94	244.61	365.33	39.72	163.63	141.93	15.89	4.16	
	19	Sanguina	759.13	299.77	459.36	295.11	110.71	41.49	11.90	0.15	2
	20		1841.13	453.93	1387.20	447.92	651.62	242.72	44.43	0.51	
	19	Trobat	741.99	536.26	205.74	79.45	71.41	39.50	13.81	1.56	1
	20		1515.10	784.22	730.88	101.73	452.21	124.01	52.23	0.69	
Castilla La Mancha	19	Benedicto									1
	20		1878.02	912.73	965.29	357.07	383.79	168.55	52.70	3.17	
	19	Sanguina	1617.59	657.00	960.59	618.96	205.44	121.15	14.93	0.12	3
	20		1153.46	557.82	595.64	130.25	309.17	115.21	39.68	1.34	
	19	Tempranillo	1138.71	828.44	310.27	131.53	106.38	59.55	12.81	0.00	3
	20		2485.69	648.22	1837.47	1128.98	547.61	124.50	34.41	1.97	
	19	Terriza	702.43	329.73	372.70	130.52	114.66	116.93	10.39	0.20	1
	20		973.93	413.57	560.36	105.25	248.64	177.01	25.89	3.57	
	19	Tinto fragoso	1711.55	1219.06	492.48	276.76	140.95	62.49	12.16	0.12	3
	20		1608.70	461.73	1146.97	557.66	419.55	133.93	34.73	1.10	
	19	Tinta Jeromo	690.32	418.56	271.76	107.44	97.89	56.31	9.87	0.25	5
	20		1515.52	1065.07	450.45	155.72	209.18	73.06	11.64	0.85	
	19	Tortozona	672.30	274.38	397.93	121.13	126.99	136.17	13.53	0.11	1
	20		986.30	245.79	740.51	276.13	313.24	122.92	25.40	2.81	
Castilla y León	19	Cenicienta	1573.56	834.77	738.79	510.79	167.04	45.82	13.42	1.72	3
	20		1952.18	888.41	1063.77	657.71	270.07	76.49	47.35	12.16	
	19	Estaladiña	1467.82	1083.05	384.77	206.56	116.79	48.89	11.09	1.45	5
	20		1482.87	974.54	508.33	188.26	219.45	63.45	31.46	5.70	
	19	Gajo arroba	1172.92	934.40	238.52	78.16	71.85	74.83	11.86	1.82	5
	20		1341.96	978.69	363.27	110.88	139.08	102.71	8.07	2.53	
	19	Tinto Jeromo	957.37	751.93	205.44	78.64	62.80	52.97	10.32	0.73	5
	20		861.07	622.81	238.26	90.31	85.08	41.79	18.87	2.21	
Galicia	19	MC1									6
	20		1299.31	142.73	1156.58	416.37	554.74	97.20	83.61	4.66	
	19	MC2	1604.91	1268.64	336.27	111.04	144.50	63.77	15.36	1.60	3
	20		2305.37	594.86	1710.51	1203.72	357.07	91.38	56.35	2.00	
	19	Xafardan	1472.74	521.34	951.40	638.80	217.45	67.14	26.31	1.68	2
	20		1868.93	545.32	1323.61	537.77	648.13	73.17	63.13	1.41	
	19	Zamarrica	1689.55	744.27	945.28	640.99	194.95	84.59	21.49	3.26	3
	20		2695.76	988.73	1707.03	694.96	683.84	262.85	53.26	12.13	
Madrid	19	Morate	744.27	490.91	253.35	90.61	100.06	52.21	9.75	0.73	1
	20		1094.37	422.91	671.46	167.24	341.43	114.04	47.71	1.04	
	19	Rayada melonera	754.46	592.62	161.84	53.48	64.56	34.31	8.93	0.55	1
	20		901.35	514.08	387.27	87.60	198.36	70.82	29.64	0.85	
	19	Tempranillo	1181.10	893.17	287.92	87.17	98.24	85.39	14.80	2.34	1
	20		1707.57	837.10	870.47	186.09	395.29	241.17	39.85	8.08	
	19	Terriza	772.38	503.81	268.57	74.72	91.87	86.51	13.46	2.00	1
	20		841.14	396.98	444.17	91.78	209.69	110.70	29.39	2.62	
	19	Tortozona	690.06	302.74	387.33	178.58	131.25	66.32	9.01	2.17	1
	20		932.54	326.55	605.99	198.68	291.82	95.57	17.58	2.34	
Navarra	19	Cadrete	1169.48	650.13	519.35	301.67	135.15	68.25	12.61	1.67	3
	20		1528.01	640.78	887.23	402.90	354.40	107.75	19.97	2.21	
	19	Diega 1	1049.93	547.77	502.16	313.32	108.53	70.91	7.48	1.92	3
	20		1224.34	478.73	745.61	414.79	248.27	70.58	10.91	1.05	
	19	Garró									1
	20		1555.00	686.30	868.69	132.97	566.97	135.83	28.42	4.50	
	19	Morate	794.07	493.31	300.76	110.76	127.31	38.71	21.42	2.55	1
	20		1001.11	409.11	591.99	111.20	314.64	128.12	34.19	3.86	
	19	Tortozona	643.52	287.08	356.44	154.38	136.62	52.27	10.99	2.17	2
	20		884.04	213.71	670.32	278.39	265.82	108.21	13.85	4.06	
Pais Vasco	19	Hondarribi Beltzan									3
	20		2012.68	1079.26	933.41	437.66	283.59	163.12	48.26	0.78	

Tabla 2.-. Efecto de la variedad, zona, año y su interacción, sobre los valores de las familias polifenólicas. Porcentaje de variación atribuido a cada factor

Familia	Factor de variación											
	Variedad		Zona		Año		Variedad*Zona		Variedad*Año		Zona*Año	
Antocianos	84.98%	***	6.15%	***	0.44%	***	0.45%	**	2.21%	***	0.23%	ns
Catequinas	70.30%	***	3.86%	***	1.97%	***	3.49%	***	8.76%	***	4.33%	***
Proantocianidinas	46.76%	***	2.44%	***	30.13%	***	0.19%	ns	9.68%	***	2.59%	***
Flavonoles	37.34%	***	3.48%	***	16.97%	***	4.84%	***	15.36%	***	5.52%	***
Ácidos fenólicos	8.50%	***	0.30%	ns	19.18%	***	0.23%	ns	59.08%	***	0.71%	*
Estilbenos	43.81%	***	4.61%	***	9.62%	***	2.71%	***	24.47%	***	0.34%	ns
No Antocianos	58.03%	***	3.84%	***	16.39%	***	0.93%	**	8.18%	***	4.59%	***
Polifenoles	72.73%	***	5.82%	***	6.50%	**	0.47%	*	4.48%	***	3.28%	***

** y *** indican diferencias significativas (p<0,01) y (p<0,001) respectivamente

Figuras

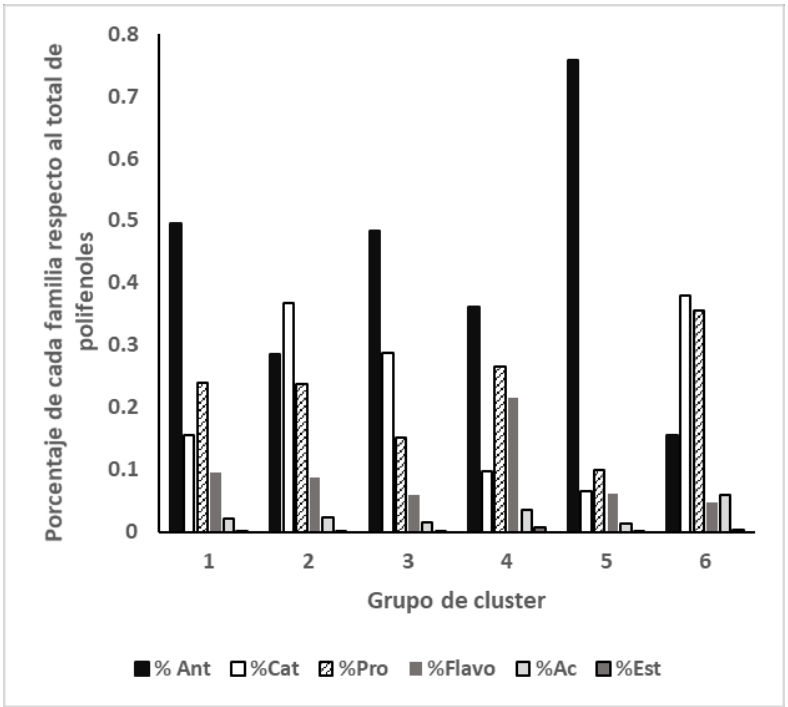


Fig. 1. Perfil fenólico de cada una de clases surgidas del análisis de cluster

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos: Subproyecto RTI2018-101085-R-C33. "Valorización de variedades minoritarias de vid por su potencial de diversificación vitivinícola y resiliencia al cambio climático (MINORVIN)", financiado por MICINN/AEI/ FEDER, UE.

REFERENCIAS

Moreno D, Alarcón MV, Uriarte D, Mancha LA, Valdés ME. Vine Irrigation through Two Shoot Densities in Flavonoid and Non-Flavonoid Compounds in 'Tempranillo' Grapes. Plants (Basel). 2022 May 22;11(10):1378. http://doi: 10.3390/plants11101378

Semejanzas agronómicas entre diferentes variedades de las *familias* Garnacha y Velasco cultivadas en condiciones de sequía en La Mancha

A. Sergio Serrano Parra [1,2*], Jesús Martínez Gascueña [1], Gonzalo L. Alonso [2], Cristina Cebrián-Tarancón [2], M. Dolores Carmona Zapata [1], Adela Mena Morales [1] y Juan Luis Chacón Vozmediano [1]

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

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

**Autor: sergio.serrano@uclm.es*

Resumen

Similitudes morfológicas y genéticas indican que la variedad de vid (*Vitis vinífera*) Garnacha Peluda (minoritaria) se obtuvo a partir de material vegetal de Garnacha Tinta mutado. Esta última también resulta ser uno de los parentales de otra variedad ampliamente representada, la Garnacha Tintorera, aunque en este caso tras un proceso de cruce y selección artificiales. Por ser su cultivo minoritario, quizá menos conocido sea el caso de las variedades Tinto Velasco y Tinto de la Pámpana Blanca, indiferenciables por el análisis de regiones microsatélites, muestran sin embargo ciertas diferencias morfológicas que obedecen también a mutaciones. El presente estudio trata de analizar si, a pesar de las semejanzas genéticas y a veces morfológicas, se pueden establecer diferencias en el comportamiento agronómico entre variedades pertenecientes a una u otra *familia*. Durante tres años (2018-2020) se estudió el comportamiento agronómico de las variedades Garnacha Peluda, Garnacha Tinta y Garnacha Tintorera (*Garnachas*) y, Tinto de la Pámpana Blanca y Tinto Velasco (*Velascos*) cultivadas en condiciones de sequía en una plantación experimental situada en el IVICAM (Tomelloso, Ciudad Real). En vendimia, se analizaron los componentes del rendimiento, la composición de los mostos, incluidas las relaciones isotópicas $\delta^{13}C$ y $\delta^{18}O$. Una vez terminado el ciclo se determinó la madera de poda y el índice de Ravaz. El tratamiento de los datos arrojó resultados reveladores. En el caso de los Velascos, el comportamiento de las dos variedades fue muy similar, no apreciándose diferencias estadísticas significativas en ninguno de los parámetros agronómicos estudiados. Las Garnachas por su parte, sólo se diferenciaron por algunos parámetros de eficiencia hídrica y de calidad del mosto. Todo esto revela como la afinidad genética, patente en su similitud morfológica, puede resultar también determinante en la análoga respuesta agronómica de los cultivares.

Palabras clave: componentes del rendimiento, vigor, estrés hídrico, acidez total, variedad minoritaria.

INTRODUCCIÓN

La sequía es uno de los mayores problemas que está afectando actualmente a la viticultura mundial. Explorar la diversidad varietal en busca de variedades más tolerantes a estas condiciones ambientales se plantea como una opción para mantener la viabilidad del cultivo de la vid en zonas con clima

semiárido. Una de las variedades más cultivadas y apreciadas en el mundo es la Garnacha Tinta, de origen español. A pesar de considerarse una variedad tolerante a la sequía, resulta de especial interés la comparación de su comportamiento agronómico con el de otras variedades genéticamente afines, a fin de tantear si frente a condiciones climáticas presentes y futuras, alguna pudiera suponer una alternativa ventajosa. Por otra parte, dados su buena adaptación y generosos rendimientos, en la última década ha aumentado de forma importante el cultivo de Tinto de la Pámpana Blanca, variedad considerada minoritaria hasta hace pocos años y que hoy cuenta con más de 8.000 ha cultivadas en Castilla-La Mancha. Sin embargo, su análoga, Tinto Velasco, no ha visto incrementada de forma significativa su superficie cultivada en los últimos años. Al no existir estudios previos de estas dos variedades, también resulta de interés la caracterización de su comportamiento agronómico bajo condiciones de sequía.

MATERIAL Y MÉTODOS

Sitio experimental, material vegetal y régimen hídrico

Se llevó a cabo el estudio en el trienio 2018-2020 en un viñedo experimental multivarietal perteneciente al IVICAM (Tomelloso, Castilla-La Mancha, España). El clima de la zona es mediterráneo semiárido continental, con veranos cálidos y secos e inviernos fríos y moderadamente lluviosos. El suelo, un *Petrocalcic calcixerept* con un potente horizonte petrocálcico en profundidad a partir de los 30 cm. El material vegetal se injertó en campo en 2003 sobre patrones de 110 Richter plantados el año anterior en hileras situadas a 3 m y una distancia entre sí de 1,5 m (2.222 cepas/ha). Las cepas se formaron en cordón Royat bilateral, apoyándose la vegetación en una espaldera con alambres situados a dos niveles. Se estudiaron cinco variedades de uva tinta, pudiéndose considerar minoritarias dos de ellas (min.):

- Garnacha Peluda (min.)
- Garnacha Tinta
- Garnacha Tintorera

} *Familia 'Garnachas'*

- Tinto de la Pámpana Blanca
- Tinto Velasco (min.)

} *Familia 'Velascos'*

De cada variedad se estudiaron 22 cepas. Aunque el cultivo se llevó a cabo en condiciones de secano, con el fin de asegurar la supervivencia de las cepas, fue necesario aplicar 30 mm de riego cada campaña.

Parámetros agronómicos y enológicos

Llegado el momento en que las uvas alcanzaron 12 – 13 ºBé, se cosecharon 5 cepas representativas (n = 5) por variedad y año. Cada cepa se trató individualmente, determinándose su rendimiento (kg/cepa), el peso medio del racimo (g) a partir del número de racimos y el peso medio de la baya (g) a partir del peso de 100 bayas representativas. En el mosto obtenido por prensado, se determinó los sólidos solubles totales (ºBé), la acidez total (g/L) y el pH de acuerdo con los métodos oficiales de la OIV (2021). Del mismo modo, una muestra de 12 mL de mosto se congeló en tubo de policarbonato para el posterior análisis de las relaciones isotópicas del carbono y oxígeno ($\delta^{13}C$ y $\delta^{18}O$) mediante espectrometría de masas de relaciones isotópicas (IRMS). Una vez terminado el ciclo, se pesó la madera de poda (kg/cepa) de las mismas cinco cepas monitorizadas y se calculó el índice de Ravaz.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza de una vía (ANOVA, $\alpha = 0,05$) separando las medias mediante la prueba de múltiples rangos de Duncan. Para el análisis estadístico se utilizó el software Statgraphics Centurion XVIII (Statgraphics Technologies, Las Llanuras, Virginia, EE.UU.) Los gráficos de cajas se construyeron también con el programa Statgraphics Centurion XVIII.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Componentes del rendimiento y vigor

No hubo diferencias significativas en ninguno de los componentes del rendimiento y del vigor analizados en las dos *familias* de variedades (Tabla 1), lo que indica que a este nivel son estadísticamente indiferenciables. Bajo condiciones de sequía, los rendimientos de las *Garnachas* estuvieron en torno a los 3 kg/cepa, sin embargo los *Velascos* excedieron con facilidad los 4 kg/cepa. Igualmente, el resto de componentes del rendimiento, presentaron mayores valores en los *Velascos* que en las *Garnachas*. La carga de cultivo, indicada por el índice de Ravaz, tuvo valores moderados en las *Garnachas* (valores en torno a 7). Los *Velascos* por su parte, presentaron una mayor carga de cultivo (valores cercanos a 10).

Parámetros de calidad de los mostos

Se encontraron diferencias muy significativas en algunos de los parámetros de calidad de las *Garnachas* (Tabla 2). Garnacha Tinta maduró adecuadamente, alcanzando un contenido de azúcares y un nivel de acidez aceptables, en consonancia con los resultados obtenidos en otras regiones de clima mediterráneo en esta variedad (Cocco et al., 2020). Sin embargo, en Garnacha Tintorera la sequía propició que su producción se empezara a deteriorar sin haber alcanzado la madurez (11,5 ºBé). Garnacha Peluda destacó por mostrar mayores valores de acidez total que el resto de *Garnachas* (5,3 g/L). Garnacha Tintorera presentó la acidez total más baja (4,3 g/L), lo que le otorgó menor potencial de calidad. En el pH no se encontraron diferencias significativas entre estas variedades.

Los *Velascos*, al igual que en el caso de los componentes del rendimiento y vigor, también fueron indiferenciables entre sí en sus componentes de calidad del mosto. La alta carga de cultivo provocó que las uvas de estas variedades no maduraran completamente ya que, como media, no alcanzaron los 12 ºBé.

Relación isotópica del carbono

Los valores de la relación isotópica de los mostos en el momento de la vendimia (Fig. 1) permitieron diferenciar las *Garnachas* por su eficiencia en el uso del agua (EUA): con los valores menos negativos (en torno a -22,5‰) Garnacha Tintorera fue más eficiente que Garnacha Peluda y Garnacha Tinta, economizando agua hasta el punto de comprometer la maduración de sus uvas. Por otra parte, Tinto de la Pámpana Blanca y Tinto Velasco mostraron una EUA similar, con valores equiparables a los obtenidos en Garnacha Peluda y Garnacha Tinta.

Relación isotópica del oxígeno

Tanto las *Garnachas* por un lado, como los *Velascos* por otro, presentaron valores similares de la relación isotópica del oxígeno (Fig. 2), sugiriendo por tanto una semejante tasa de transpiración los días previos a la cosecha (Farquhar et al., 1989).

Los resultados de este estudio permiten ratificar algo que por otra parte resulta trivial: que la afinidad genética determina la similitud en el comportamiento agronómico, como demuestra nuestro caso de *Velascos* y *Garnachas*. Los *Velascos* fueron estadísticamente indistinguibles en todos los parámetros analizados: bajo condiciones de sequía se caracterizaron por mostrar rendimientos moderadamente altos, que dificultaron que la producción llegara a un punto de madurez adecuado. En las *Garnachas* hubo algunas diferencias: Garnacha Peluda destacó por mostrar mayores niveles de acidez que Garnacha Tinta y que Garnacha Tintorera, lo que le otorga mayor interés en futuros escenarios de sequía. Bajo estrés hídrico severo, Garnacha Tintorera fue más eficiente en el uso del agua que sus dos afines, sin embargo, no logró madurar su producción, por lo que se consideró menos tolerante a las citadas condiciones experimentales.

REFERENCIAS

Cocco, M., Mercenaro, L., Cascio, M. Lo and Nieddu, G. 2020. Effects of vine water status and exogenous abscisic acid on berry composition of three red wine grapes grown under mediterranean climate. Hort. 6: 6-12.

Farquhar, G. D., Ehleringer, J. R. and Hubick, K. T. 1989. Carbon Isotope Discrimination and Photosynthesis. Annual review of plant biology. 40: 503-537.

Organización Internacional de la Viña y el Vino. 2021. Compendio de los métodos internacionales de análisis de los vinos y de los mostos.

Tablas

Tabla 1. Componentes del rendimiento y vigor (valor medio ± desviación estándar, $n = 15$).

Variedad	Rendimiento (kg/cepa)	Peso del racimo (g)	Peso de la baya (g)	Madera de poda (kg/cepa)	Índice de Ravaz
Garnacha Peluda	3,0 ± 1,7	127,0 ± 44,5	1,4 ± 0,2	0,4 ± 0,2	7,3 ± 2,8
Garnacha Tinta	3,1 ± 2,2	128,1 ± 60,4	1,3 ± 0,2	0,4 ± 0,2	7,2 ± 2,5
Garnacha Tintorera	2,9 ± 2,2	114,2 ± 51,4	1,5 ± 0,3	0,4 ± 0,2	7,3 ± 3,1
Sig.	*n.s*.				
Tinto Velasco	4,2 ± 1,3	222,3 ± 53,0	2,0 ± 0,4	0,5 ± 0,1	8,5 ± 3,3
Tinto de la Pámpana Blanca	4,4 ± 1,5	237,0 ± 54,7	2,0 ± 0,2	0,4 ± 0,1	10,2 ± 3,3
Sig.	*n.s*.				

Significancia: n.s., no significativo.

Tabla 2. Parámetros de calidad de los mostos (valor medio ± desviación estándar, $n = 15$).

Variedad	SST (ºBé)	Acidez total (g/L)	pH
Garnacha Peluda	13,0 ± 0,5 b	5,3 ± 0,7 c	3,2 ± 0,2
Garnacha Tinta	12,8 ± 0,4 b	4,8 ± 0,6 b	3,3 ± 0,2
Garnacha Tintorera	11,5 ± 1,2 a	4,3 ± 0,6 a	3,3 ± 0,2
Sig.	***	***	*n.s.*
Tinto Velasco	11,9 ± 0,7	4,9 ± 0,5	3,4 ± 0,2
Tinto de la Pámpana Blanca	11,6 ± 0,9	4,9 ± 0,4	3,3 ± 0,1
Sig.	*n.s.*		

Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas. Significancia: ***, $p < 0,001$; n.s., no significativo.

Figuras

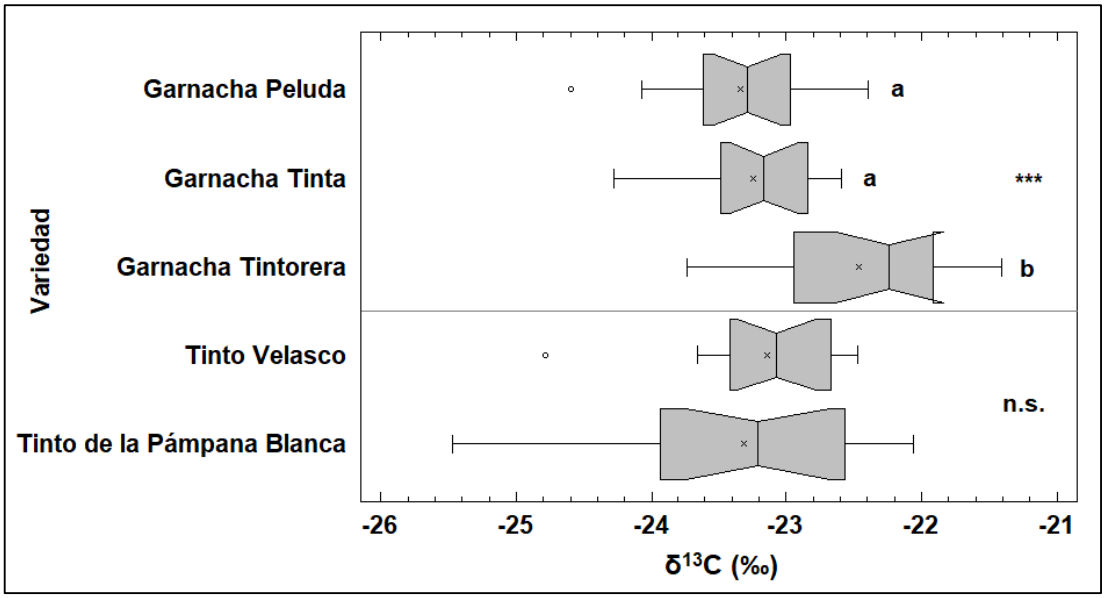


Fig. 1. Relación isotópica del carbono. Diferentes letras junto a las cajas indican diferencias estadísticamente significativas. Significancia: ***, $p < 0,001$; n.s., no significativo.

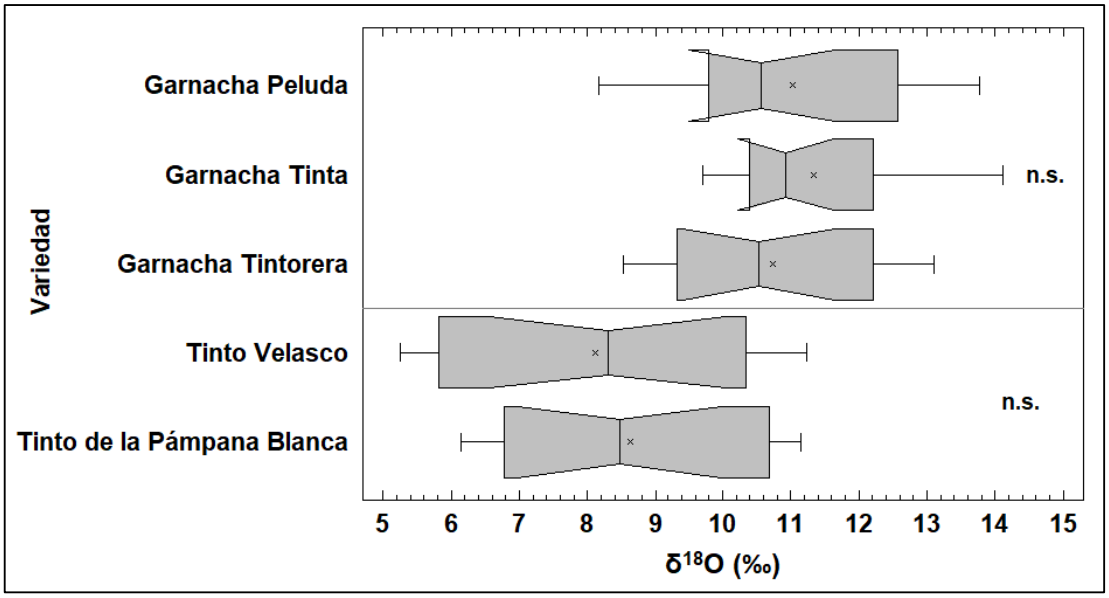


Fig. 2. Relación isotópica del oxígeno. Significancia: n.s., no significativo.

Caracterización de 4 variedades tintas minoritarias en la DO Arribes

J.A. Rubio[1*], A. Martín[2], M.I. Andrés[1], M. Bueno[3], E. Cano[3], Pérez-Magariño[3], E. Barajas[1]
[1] Ud. Cultivos Leñosos. ITACyL. Fca. Zamadueñas. Ctra. Burgos Km. 119. 47071 Valladolid
[2] Estación Enológica de Rueda. ITACyL., C/ Santísimo Cristo 16. 47490 Rueda., Valladolid
[3] Grupo de Enología. ITACyL. Finca Zamadueñas. Ctra. Burgos Km. 119. 47071 Valladolid
rubcanjo@itacyl.es

Palabras clave: calidad de la uva, desarrollo, genotipo, productividad, variedad local.

Resumen

Las variedades tintas de vid (*Vitis vinifera*) 'Bruñal', 'Gajo Arroba', 'Mandón' y 'Tinto Jeromo' se cultivan de forma minoritaria en Arribes del Duero (NO de Salamanca y SO de Zamora), y se han recuperado de sus viñedos de origen a partir de los trabajos realizados por el ITACyL. Están ya autorizadas en la DO Arribes. Bruñal tiene como sinonimias oficiales Albarín Tinto y Baboso Tinto, y Alfrocheiro Preto (Portugal). La variedad Mandón es sinonimia oficial de la variedad Garró. La variedad Gajo Arroba corresponde con la variedad Cornifesto de Portugal. La variedad Tinto Jeromo es un genotipo único localizado solamente en la comarca de Arribes del Duero. El objetivo de este trabajo es confirmar su filogenia y profundizar en la caracterización agronómica y enológica de estas variedades. Los resultados muestran diferencias de Bruñal (mayor desarrollo vegetativo, menor rendimiento, baya pequeña) respecto a las otras tres variedades, muy productivas. A nivel de calidad de la uva las tres variedades más productivas también mantienen buena relación entre sus parámetros. A nivel enológico destaca la variedad Bruñal con mayor concentración de polifenoles, más color y vinos con mayor extracto seco. En cambio, la variedad Gajo Arroba presenta vinos con menos extracto y con menos color. Los resultados muestran 4 variedades con características agronómicas distintas y positivas, con posibilidades para orientar la vinificación a vinos con cualidades organolépticas diferentes e interesantes.

INTRODUCCIÓN

Los trabajos de recuperación de variedades minoritarias de vid llevados a cabo por el Instituto Tecnológico Agrario de Castilla León (ITACyL) lograron identificar un amplio conjunto de accesiones en Arribes del Duero (Rubio et al., 2005). De ellas se centró la atención en las que presentaron características agronómicas y enológicas óptimas y en las que tenían ciclos largos y buena acidez, aspectos valiosos para enfrentar el calentamiento global.

La variedad Bruñal fue reconocida (BOE, 2011) y recogida en el Registro de Variedades Comerciales. Su origen es difícil de precisar, aunque las citas históricas (Lobo, 1790, citado por Cunha et al., 2015) y los análisis genéticos realizados en los últimos años (Santana, 2011; Cunha et al., 2015) indican un origen ibérico. García de los Salmones (1914) citó su presencia en la provincia de Salamanca. Santana (2011) sugirió la participación de Bruñal en la génesis de algunas variedades del noroeste de la Península Ibérica, aspecto que corroboraron Cunha et al. (2015). Las sinonimias oficiales de Bruñal son Albarín Tinto y Baboso Tinto, y Alfrocheiro Preto en Portugal. Gajo Arroba fue reconocida oficialmente (BOE, 2016) y coincide con la variedad portuguesa Cornifesto (Rubio et al., 2005). La variedad Mandón, reconocida oficialmente (BOE, 2017), fue citada por García de los Salmones (2014) como cultivada en Salamanca. Este autor

también cita su cultivo en Barcelona, con el nombre de Mandó. Actualmente su nombre principal es Garró y sus sinonimias oficiales son Mandón y Mandó, y también se cultiva en Cataluña y en la Comunidad Valenciana. Finalmente, Tinto Jeromo es una variedad única que no coincide con ninguna otra, y fue reconocida oficialmente (BOE, 2016). Estas variedades, autorizadas en la DO Arribes, son variedades minoritarias y están siendo valoradas y utilizadas en las zonas de donde proceden, por lo que su uso y difusión precisan ensayos para conocerlas a fondo.

El objetivo del presente trabajo fue profundizar en la caracterización genética, agronómica y enológica de las variedades tintas Bruñal, Gajo Arroba, Mandón y Tinto Jeromo, en su entorno original y con las mismas condiciones de cultivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los trabajos se llevaron a cabo durante cuatro años (2015-2018), en un viñedo experimental (Finca "Las Bozas") en Villarino de los Aires (Las Arribes, Salamanca). El ensayo está situado a una altitud de 622 metros en una ladera con orientación sur, siendo la de las filas nordeste-suroeste. El suelo (Cambisol eútrico, representativo de los suelos de la comarca) tiene un pH de 6,45, poca materia orgánica (0,75 %) y textura francoarenosa. El material vegetal fueron cepas de Bruñal, Gajo Arroba, Mandón y Tinto Jeromo (*Vitis vinifera* L.), injertadas en 110 Richter y 3309 Couderc y plantadas en 2005. El sistema de conducción fue espaldera y la poda se hizo en cordón Royat bilateral, con 16 yemas/cepa. El marco de plantación fue 2,5 x 1,5 m (2.666 plantas/ha). El diseño experimental consistió en bloques completos al azar, con 4 repeticiones de 10 cepas en cada variedad.

Para la caracterización genética se tuvieron en cuenta los resultados de Santana (2011) de los 9 microsatélites admitidos por la OIV (2019). A nivel de parámetros de productividad, se ha determinado el número de racimos por cepa, la producción, el peso del racimo, el peso de la baya, la fertilidad y el índice de Ravaz. Respecto al desarrollo vegetativo se estudió el número de sarmientos por cepa, el peso de madera de poda y el vigor del sarmiento. Para el estudio de la calidad se la uva se determinó la concentración de azúcares, el pH, la acidez total, los ácidos málico y tartárico, el potasio y el índice de polifenoles en mosto (IPT) en la vendimia. El momento de vendimia se decidió cuando las variedades alcanzaron en torno a 23 ºBrix. Bruñal se vendimió entre 12-15 días antes que las otras tres variedades, que fueron vendimiadas en la misma fecha. Se elaboró vino de cada variedad durante 3 años, y se analizaron los parámetros principales del vino acabado.

El análisis estadístico de los resultados se realizó mediante análisis de la varianza (ANOVA) con el programa Statgraphics Centurion 17.2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se muestran los datos de 9 marcadores genéticos microsatélites (SSRs) de la Lista de Descriptores OIV (OIV, 2019). Existe coincidencia en varios alelos entre Bruñal y Gajo Arroba. Santana (2011) indica la posible relación filogenética entre Bruñal y Gajo Arroba y entre Graciano y Mandón. Cunha et al. (2015) confirman que entre la progenie como parentales de Alfrocheiro Preto y Cayetana Blanca se encuentran Gajo Arroba y Juan García. En el caso de Mandón, Graciano y Hebén son sus parentales masculino y femenino, respectivamente (http://www.vivc.de/). Santana (2011) expuso la proximidad genética entre Gajo Arroba y Tinto Jeromo, que podría

sugerirse a partir de los alelos en la tabla 1. Los estudios que se están realizando en los últimos años confirmarán si Tinto Jeromo también pertenece a las variedades generadas en el NO de la Península Ibérica.

Los parámetros productivos (Tabla 2) expresan diferencias significativas entre Bruñal, menos productiva, y las otras tres, siendo Gajo Arroba la que obtiene mayor rendimiento, diferencia que se basa en el tamaño del racimo y en el de la baya. La exposición sur y el escaso suelo de la parcela limitan el desarrollo vegetativo, pero no la producción de uva, por lo que el índice de Ravaz alcanza niveles elevados en Gajo Arroba, Mandón y Tinto Jeromo, que puede indicar su adaptación a la zona y a sus condiciones (Rubio et al., 2018; elEconomista Agro, 2022). En cuanto a calidad de la uva (Tabla 3), la variedad Gajo Arroba obtiene resultados significativamente menores en contenido de azúcares y de polifenoles, seguramente relacionados con su rendimiento. Los vinos de Bruñal presentan más extracto seco, polifenoles y color (Tabla 4), algo superiores a los de Mandón, que mantienen buenas características, mientras que los de Tinto Jeromo, y sobre todo Gajo Arroba, tienen menor capa y menos extracto, resultando bien valorados y sorprendentes en cata. Estas tendencias se mantienen en los vinos elaborados en años posteriores (Pérez-Magariño et al., 2022).

Los resultados muestran la expresión de 4 nuevas variedades agronómicamente interesantes, Bruñal con producción media, racimo y baya pequeños, y Gajo Arroba, Mandón y Tinto Jeromo de producción alta y ciclo más largo. Las 4 registran parámetros de la uva óptimos para vinificación. Los vinos son distintos, con más extracto y más color el Bruñal, intermedio el de Mandón, y más ligeros pero atrayentes los de Gajo Arroba y Tinto Jeromo.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con fondos de la Junta de Castilla y León y fondos FEADER (proyecto VarMinVid, Exp. 004, medida 16 del PDR de Castilla y León), y la colaboración del Ayuntamiento de Villarino de los Aires (Salamanca).

Referencias

B.O.E. 2011. Orden ARM/624/2011. (B.O.E. 24 marzo 2011). Ministerio de Presidencia. Madrid.

B.O.E. 2016. Orden AAA/1440/2016. (B.O.E. 8 septiembre 2016). Min. de Presidencia. Madrid.

B.O.E. 2017. Orden APM/534/2017. (B.O.E. 9 junio 2017). Ministerio de Presidencia. Madrid.

Cunha, J., Zinelabidine, L.H., Teixeira-Santos, M., Brazão, J., Fevereiro, P., Martínez-Zapater, J.M., Ibáñez, J., Eiras-Dias, E. 2015. Grapevine cultivar 'Alfrocheiro' or 'Bruñal' plays a primary role in the relationship among Iberian grapevines. Vitis 54 (Special Issue): 59–65.

elEconomista Agro. 2022. Variedades rescatadas para los nuevos vinos de Castilla y León. Revista mensual, Agro elEconomista.es., nº 75 (15/4/22):28-30. Editorial Ecoprensa S.A.

García de los Salmones, N. 1914. Memoria General de las Sesiones del Congreso y Ponencias Presentadas. C. N. de Viticultura, Pamplona. Imprenta provincial. Provincial.

O.I.V. 2019. Resolución OIV-VITI-609-2019. Prot. Identificación de Variedades de la OIV. Ginebra.

Pérez-Magariño, S., Bueno, M., Curiel, M., Cano, E., Martín-Baz, A., Barajas, E., Rubio, J.A. 2022. Caracterización enológica de vinos tintos elaborados con variedades minoritarias de Castilla y León. Libro de Comunic. XV Congr. Nac. de Inv. Enol. Gienol 22. ISBN: 978-84-09-41433-8.

Rubio, J.A., García, A., Andrés, M.I.,

Barajas, E. 2018. Caracterización preliminar agronómica y enológica de 6 variedades minoritarias de vid en Arribes del Duero. Reuniones del G.T.E.V.E. 32ª Reunión, 2017: 39-46. Centro de Publicaciones. MAPA. Madrid. ISBN: 978-84-491-1505-9.

Rubio, J.A., Yuste, J., Arranz, C., Martín, J.P., Ortiz, J.M. 2005. Variedades autóctonas de vid de Arribes del Duero: descripción y sinonimias. Viticultura y Enología Profesional, 99: 5-17.

Santana, J.C., 2011. Identificación genética, estructura y orígenes de las variedades de vid (*Vitis vinifera* L) cultivadas en Castilla y León. T. Doctoral. ETSIA Palencia. U. de Valladolid. 192 pp.

Tablas

Tabla 1. Tamaño de los alelos para 9 loci microsatélites (SSRr) de las variedades Bruñal (Br), Gajo Arroba (GA), Mandón (Mn) y Tinto Jeromo (TJ). (Santana, 2011; OIV, 2019).

	VVS2		**VVMD**		**VVMD**		**VVMD**		**VVMD**		**VVMD**		**VVMD**		**VrZAG**		**VrZAG**	
Br	13	14	22	23	25	25	24	25	17	18	23	24	24	27	18	19	24	24
G	13	14	22	23	24	25	23	24	17	18	23	23	24	25	19	20	24	24
A	9	1	9	4	6	0	8	6	8	6	3	3	9	3	8	2	4	8
M	13	14	22	23	23	23	25	25	18	19	24	25	23	26	18	18	25	25
TJ	13	13	22	23	24	25	25	25	17	17	23	24	24	26	19	20	24	24

Tabla 2. Valores medios de 2015-2018 de los parámetros de componentes del rendimiento y desarrollo vegetativo de las variedades Bruñal Gajo Arroba, Mandón y Tinto Jeromo. Significación estadística (*Sig.*): ns = no significativo, *=p<0,05, **p<0,01.

Variedad	**N Rac**	**P Rac** (g)	**P Bay** (g)	**Rdto** (Kg/ha)	**N Sar**	**P sar** (g)	**I Ravaz**	**Fertilidad** (rac/sarrmiento)
Bruñal	23,2	94,4 a	1,02 a	5.819 a	16,0 a	42,4 c	3,38 a	1,46 b
Gajo Arroba	20,6	172 c	1,52 b	9.515 b	18,9 b	25,8 a	8,21 c	1,09 a
Mandón	20,7	161 bc	1,26 ab	7.919 b	14,9 a	38,6 bc	5,57 b	1,42 b
Tinto Jeromo	24,2	132 b	1,58 b	8.563 b	15,7 a	36,2 b	6,38 bc	1,54 b
Sig.	ns	**	*	**	**	**	**	*

Tabla 3. Valores medios de 2015-2018 de los parámetros de la uva de Bruñal Gajo Arroba, Mandón y Tinto Jeromo. Significación estadística (*Sig*.): ns = no significativo, *=p<0,05, **p<0,01.

Variedad	**S.S.T.** (º Brix)	**pH**	**Ac. Total** (g/L A. Tart.)	**A. Málico** (g/L)	**A. Tartárico** (g/L)	**Potasio** (mg/l)	**IPT**
Bruñal	22,8 b	3,80 b	3,81	1,61 c	5,69	1.863 b	25,6 b
Gajo Arroba	21,0 a	3,70 b	3,63	1,06 b	4,94	1.664 ab	19,2 a
Mandón	24,6 c	3,47 a	4,16	0,58 a	5,34	1.521 a	24,9 b
Tinto Jeromo	23,4 bc	4,07 c	3,75	2,19 d	5,53	2.259 c	21,1 ab
Sig.	**	**	ns	**	ns	**	*

Tabla 4. Valores medios de 2016-2018 de los parámetros del vino de cada variedad.

Variedad	**⁰ Alc** (% v/v)	**pH**	**Ac. Total** (g/L A. Tart.)	**IPT**	**Extracto Seco**	**Potasio** (mg/l)
Bruñal	14,2	3,69	5,14	62,7	32,4	1.188
Gajo Arroba	12,7	3,63	4,72	42,3	25,6	990
Mandón	14,6	3,66	5,31	51	27,3	1.067
Tinto Jeromo	13,9	3,92	4,65	46	28,2	1.462

Evaluación agronómica y enológica de cultivares minoritarios de *Vitis Vinifera* L. para su adecuación a zona cálida

P. Baeza[1]*, J. Ramos[1], C. Pérez-Cidoncha[2], M. Sánchez[2]
[1]Centro de Estudios e Investigación para la Gestión de Riesgos Agrarios y Medioambientales (UPM- Ceigram), Madrid, España.
[2]Bodega Arrayán. Santa Cruz de Retamar, Toledo, España.
**pilar.baeza@upm.es*

Resumen

Durante las campañas 2018 y 2019 se evaluó la respuesta agronómica de las variedades tintas de vid (*Vitis vinifera* L.) Bruñal, Garnacha peluda, Graciano, Merlot, Moravia agria y Rufete, en una parcela experimental de Bodegas Arrayán, situada en Santa Cruz de Retamar (Toledo). Las plantas estaban formadas en cordón unilateral con poda corta, vegetación semilibre y porte retombante. El marco de plantación era 2,8 x 0,9 m. Se aplicó la misma dotación de riego a todas las variedades, siendo 358 y 245mm en 2018 y 2019 respectivamente. Los resultados muestran que Bruñal brota antes que merlot, mientras que Moravia agria y graciano lo hacen más tarde. Garnacha peluda y moravia agria fueron las de menor desarrollo foliar y, en 2018, Moravia agria mantuvo su estado hídrico en maduración superior al del resto de los cultivares. Moravia agria y Garnacha peluda fueron las de mayor rendimiento, debido al mayor número de bayas por racimo y mayor peso de la baya. La mayor fertilidad de Merlot (racimos/sarmiento) no compensó su menor peso de racimo, de modo que, junto con Bruñal, fueron las variedades menos productivas. Merlot fue la variedad que alcanzó mayor grado alcohólico, contenido en taninos, en IPT y en acidez. En el extremo opuesto tenemos a rufete, con el pH más alto y la menor acidez total. Moravia agria alcanzó bajo contenido en SST, pero mantiene buena acidez total, pH y contenido en taninos adecuado para vinos añejos.

Palabras clave: fenología, rendimiento, composición de mosto, desarrollo vegetativo, aptitud enológica.

INTODUCCIÓN

Dos variedades, tempranillo, tinta, y airén, blanca, suponen alrededor del 50% de la superficie vitícola de España. Tempranillo se ha extendido enormemente en los últimos 30 años, debido a los buenos resultados enológicos en sus zonas históricas, al gran impulso investigador realizado por los centros autonómicos, tanto de estudios agronómicos como la selección clonal y a la creciente demanda del consumidor. Una única variedad tinta no puede cumplir las condiciones de adaptación a la grandísima diversidad de climas, microclimas, orogorafía, etc. de las casi un millón de hectáreas de viñedo que poseemos. Las consecuencias de esta falta de diversidad genética ya se han dejado notar en el estilo de vino - que se ha uniformizado - y en el desfase entre la madurez de la pepita-pulpa-hollejo que ha producido el calentamiento global. Además, hay que enfrentarse a un clima cada vez más caliente y, en consecuencia, un viñedo con una ETc creciente y una disponibilidad de agua limitada. Son diferentes las vías que se han elegido para

adaptarse a estas condiciones, una de ellas es mediante las técnicas de cultivo, como el riego (Junquera et al., 2012, Mancha et al., 2021), poda invernal tardía, poda en verde severa para reducir la relación hoja/rendimiento, incremento de la carga para retrasar la maduración (Zheng et al., 2016, 2017), etc. y, el estudio de la respuesta de adaptación de variedades minoritarias que quedaron relegadas a nichos de cultivo por razones desconocidas. Es en este último campo en el que se encuadra el estudio que se presenta. Bodegas Arrayán quiere incrementar su abanico de productos con nuevos estilos de vino, teniendo en cuenta la situación de calentamiento global y demanda de productos que estén en armonía con las condiciones ambientales de la zona en la que se producen. Su producto se destina a vinos para envejecer. Por ello se ha planteado un ensayo en el que se compara un grupo de cultivares tintos entre sí y frente a la variedad Merlot, que es la que actualmente se cultiva en la finca y que se piensa en sustituir por una o varias de las aquí estudiadas si los resultados de este trabajo lo aconsejan. El objetivo de este trabajo fue el estudio de la respuesta agronómica de 5 cultivares tintos entre sí y frente a la actualemente cultivada Merlot. Las variedades que se considerarán adaptadas a zona cálida serán aquellas que tengan menor desarrollo foliar que Merlot y que mantengan, en las mismas condiciones de cultivo, un estado hídrico más alto que Merlot. Desde el punto de vista de la composición del mosto, han de tener unas características aptas para el envejecimiento en barrica, alto contenido de antocianos, IPT y taninos, al menos igual a Merlot.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se ha realizado en un viñedo de Bodegas Arrayán, en el T.M. Santa Cruz de Retamar (Toledo). Las plantas se encuentran dispuestas a un marco de 2,8 x 0,9 m con formación en cordón unilateral a lo largo del cual se disponen entre 4-5 pulgares de 2 yemas vistas. Las plantas están dispuestas por pares a lo largo de la fila, con los cordones de cada planta conducidos en sentido opuesto. El sistema de conducción es semilibre, de modo que los pámpanos se conducen entre un par de alambres hasta una altura de 0,3 m a partir de la cual crecen libremente quedando una forma semiretombante.

Se ha estudiado el comportamiento agronómico de las variedades Bruñal, Garnacha peluda, Graciano, Merlot, Moravia agria y Rufete durante 2018 y 2019. Estas variedades fueron sobreinjertadas en una plantación anterior de Merlot (excepto Merlot). Se aplicó la misma dotación de riego a todas las variedades, siendo 358 y 245 mm en 2018 y 2019 respectivamente. Los datos climáticos proceden de una estación agroclimática situada en el mismo viñedo (Tabla 1).

Cada variedad está dispuesta a lo largo de una fila, pudiendo haber entre 1 y 3 filas consecutivas de una misma variedad. Se realizaron 4 bloques a lo largo de cada fila. En cada bloque y variedad se marcaron 20 plantas homogéneas; entre éstas se eligieron 2 en las que se siguió la fenología – hasta floración – y, semanalmente, el potencial hídrico del tallo a mediodía solar, durante las 2 campañas. En estas mismas plantas se estimó la evolución del desarrollo vegetativo mediante la medida del suelo sombreado hacia media mañana (10:30 hora solar) y se estableció una relación entre el suelo sombreado (%) y el LAI (m^2 de superficie foliar /m^2 de suelo) ($LAI = 0{,}1147 \cdot e^{(0{,}0891 \cdot \%SS)}$). Desde envero se muestrearon 100 bayas por variedad y bloque para el realizar el análisis básico de la composición del mosto (SST, pH, acidez titulable y el peso de baya). En vendimia, se muestrearon otras 150 bayas para realizar el análisis de la maduración

polifenólica (IPT, antocianos extraíbles) según Glories y Augustin (1993) y de taninos (Iland et al., 2004).

Datos climáticos anuales de 2018 y 2019, procedentes de la estación agroclimática situada en el viñedo en Bodegas Arrayán (Santa Cruz de Retamar).

	Tª media del aire (°C)	Lluvia anual (mm)	Índice de Winkler (ºC)	ET_o (mm)
2018	15,4	485	2348	1197
2019	16,3	344	2436	1378

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fecha de brotación. El orden de brotación de las variedades fue similar en ambas campañas (Figura 1). Bruñal fue la variedad más temprana (7 abril en ambos años) y graciano la más tardía (22 abril en 2018 y 17 de abril en 2019), con una diferencia entre ambas de unas 2 semanas. Merlot y Rufete, tienden a ser tempranas, mientras que Moravia y Garnacha peluda tienen a ser tardías. Estas diferencias, afectan a las condiciones ambientales en las que tiene lugar la diferenciación floral, puesto que a medida que avanza la primavera va subiendo la temperatura media diaria.

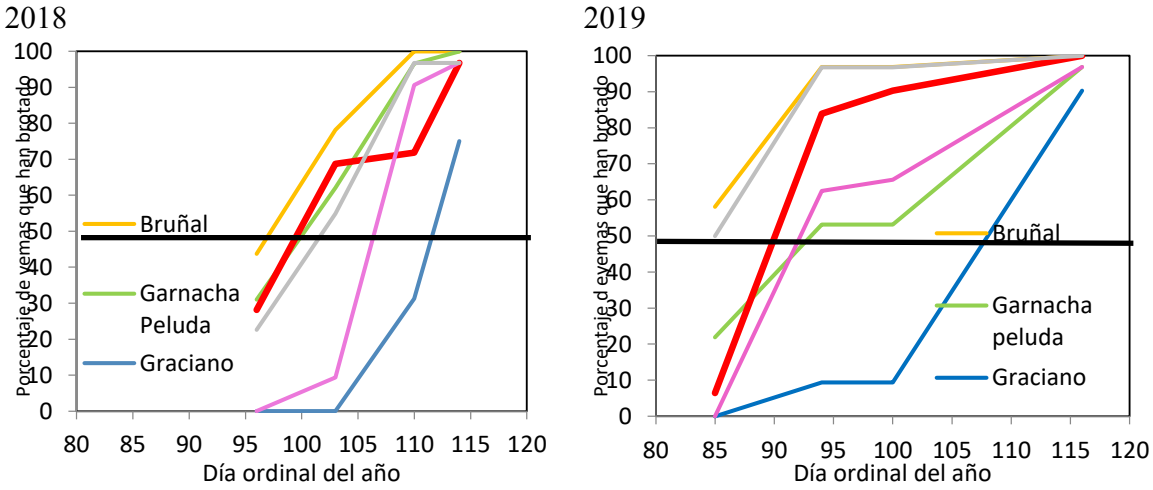


Figura 1. Evolución del porcentaje de yemas que han superado la brotación (Coombe, 1995) en cada cultivar estudiado en Bodegas Arrayán (TM Santa Cruz de Retamar, Toledo) en las campañas 2018 y 2019.

Resultados Agronómicos. En la Tabla 2 se presentan los resultados del comportamiento productivo. En cuanto al rendimiento de uva, hay grandes diferencias entre los cultivares, habiendo una amplitud desde los 8100 kg/ha de Merlot a los 17000 kg/ha de Garnacha peluda y los 16700 de Moravia agria, más del doble. A pesar de haber dejado la misma carga en la poda, las pequeñas variaciones en el ajuste de la carga en verde han resultado en diferencias en el número de sarmientos por m^2 de suelo; en general, variedades más vegetativas, como rufete y graciano (Tabla 2) son aquellas en las que en la poda en verde se decidió dejar más pámpanos al constatar mayor vigor en esas plantas. El peso medio del racimo que depende tanto del número de bayas por racimo como del tamaño de la baya, es también muy diferente entre los cultivares. Los cultivares de racimo

más grande, Garnacha peluda y Moravia agria, son los que van a madurar más tarde y serían los más interesantes para su cultivo en zona cálida. Todas estas diferencias se van a manifestar en diferentes ritmos de maduración.

Tabla 2. Análisis estadístico de las diferencias en el kilogrado y en la descomposición del rendimiento medio de las campañas 2018 y 2019 de cada variedad.

Cultivar	kg uva·SST (kg·ºBrix)	Rendimiento (kg uva/m^2)	Sar/m^2	Rac/sar	Bayas/Rac	Peso del racimo (g)	Peso de 100 bayas (g)
Bruñal	25,1cd	1,22b	3,59ab	1,84	138b	166bc	114cd
Gar.peluda	39,3a	1.70a	3,20c	1,61	180a	275a	149b
Graciano	30,4bc	1.19b	3,69ab	1,57	175a	209b	124c
Merlot	20,2d	0,81c	3,53b	1,69	136b	133c	98
Moravia	34,5ab	1,67a	3,11c	1,65	200a	301a	147
Rufete	19,8d	0,93bc	3,88a	1,87	70c	124c	180a
Significación	***	***	***	ns	***	***	***

*,**,***,ns Sinificativo para P=0.05, 0.01 y 0.001 y no-significativo, respectivamente. Separación de medias según test LSD para P=0.05; Gar: Garnacha; Rac: racimos; Sar: sarmientos.

Respuesta vegetativa. El LAI no muestra diferencias entre los cultivares (Tabla 3), a pesar de que hay una diferencia del 15% entre los más vegetativos (Merlot y Rufete) y los menos vegetativos (Bruñal y Moravia). Sin embargo, el peso de madera de poda sí que se traduce en diferencias entre los cultivares. La falta de diferencias en el LAI puede deberse al menor tamaño de muestreo, 8 plantas frente a 80 en las que se mide el peso de madera de poda. Destaca Moravia agria por su bajo desarrollo vegetativo que concuerda con su bajo LAI (Tabla 3). En el extremo opuesto se sitúa rufete. Desde un punto de vista de adaptación a zona cálida y al déficit hídrico, aquellos cultivares con menor LAI presentan, a priori, mejor adaptación a estos ambientes, ya que la ET_c será, previsiblemente, menor.

Estado hídrico. El estado hídrico (Tabla 3), medido a través del potencial del tallo, ha mostrado diferencias entre los cultivares. Aunque no hay una relación inequívoca entre LAI y el potencial del tallo, se observa que los que tienden a mayor LAI son los que poseen un potencial más negativo. Desde un punto de vista de adaptación al déficit hídrico, deberíamos escoger variedades con el desarrollo vegetativo controlado naturalmente, en primavera; en el presente caso serían Bruñal, Garnacha peluda y Moravia agria las variedades que presentan mejor adaptación a esta zona cálida.

Tabla 3. Análisis estadístico y comparación del desarrollo vegetativo y del estado hídrico en las variedades estudiadas. Datos medios de 2018 y 2019.

Cultivar	LAI (m^2 de superficie foliar/m^2 de suelo)	LAI/kg de uva (m^2/kg)	Peso de madera de poda (kg/m^2)	Peso medio del sarmiento (g)	Potencial medio del tallo en maduración (MPa)
Bruñal	1,12	1,01b	0,134b	34,8b	-0,115abc
Garnacha peluda	1,13	0,71b	0,126bc	34,0b	-0,113bc
Graciano	1,20	1,01b	0,169a	45,8a	-0,990c
Merlot	1,39	1,79a	0,103c	29,3bc	-0,123ab
Moravia	1,17	0,77b	0,075d	24,4c	-0,107bc
Rufete	1,39	1,55a	0,182a	47,0a	-0,135a
Significación	ns	***	***	***	*

*, **, ***, ns Sinificativo para P=0,05, 0,01 y 0,001 y no-significativo, respectivamente. Separación de medias según test LSD para P=0,05; LAI: Leaf Area Index.

Composición del mosto. Desde un punto de vista de composición del mosto, destaca la variedad Merlot por su alto contenido en SST, óptimo pH y acidez total y altos IPT, taninos y color (Tabla 4). Graciano también destaca con una composición de mosto similar a Merlot, con más color y menos IPT y taninos. Moravia agria posee unas características similares a las variedades anteriores pero atenuadas, es prácticamente seguro que con una reducción del rendimiento se consiga más color, IPT y taninos para destinar su mosto a vino para envejecer. Bruñal y Rufete con sus altos pH's y discreto contenido en SST limitan su destino al envejecimiento.

Tabla 4. Análisis estadístico y comparación de la composición del mosto entre las variedades cultivadas en Bodegas Arrayán (TM Santa Cruz de Retamar, Toledo). Datos medios de 2018 y 2019.

Cultivar	SST (ºBrix)	pH	Acidez titulable (g Ácido tartárico /L de mosto)	Antocianos extraíbles (mg malvidina/L de mosto)	IPT	Taninos (mg epicatequina/ L de mosto)
Bruñal	20,5c	3,63b	4,33c	768bc	46d	1,41b
Gar peluda	23,4b	3,35d	4,69bc	271e	39e	-
Graciano	25,3a	3,52bc	4,66c	1071a	69b	2,22b
Merlot	25,1a	3,49cd	5,55a	851b	83a	5,07a
Moravia	21,1c	3,41cd	5,34ab	646cd	59c	2,12b
Rufete	20,1c	3,70a	4,38c	616d	51d	1,61b
Sig.	***	***	**	***	***	**

*,**,***,ns Sinificativo para P=0,05, 0,01 y 0,001 y no-significativo, respectivamente. Separación de
medias según test LSD para P=0,05; Gar: garnacha; Sig: significación

Relaciones entre el rendimiento y la composicón del mosto.

Para conocer cuáles son los factores que más influyen en la composición del mosto, se han realizado unas multirregresiones cuyo resultado figura en la Tabla 5. De esta manera, conociendo qué parámetro del mosto queremos mejorar en una variedad determinada, podremos, aplicar las técnicas de cultivo que se dirijan a ese fin. Por ejemplo, para incrementar el contenido de antocianos extraíbles en el cv Moravia agria deberíamos incrementar su expresión vegetativa. Algunos aspectos no son tan fáciles de explicar, como la falta de relación de los taninos o la acidez titulable con los parámetros estudiados.

Tabla 5. Relación positiva (+) o Negativa (-) entre los componentes del mosto en vendimia y los parámetros vegetativos y productivos.

	Peso de 100 bayas	Rendimiento (kg uva/m^2)	Peso de madera de poda (kg/m^2)	Potencial del tallo (-bar)	Acidez titulable	R^2 y significación estadística
SST	(-)		(+)			0,32 **
pH Acidez titulable		(-)	(+)		(-)	0,56 ***
Antocianos extraíbles IPT	(-)		(+)			0,37 ***
Taninos	(-)	(-)				0,36 *

CONCLUSIONES

Merlot es la variedad con menor rendimiento, pero mejor composición del mosto para destinar el vino a envejecimiento. Graciano tiene un 50% más de rendimiento que Merlot, más color y menos IPT y taninos, mayor pH y SST, pero con aptitudes, igualmente

para el envejecimiento. Moravia presenta muy buenas propiedades siempre que se limite su rendimiento y se favorezca su desarrollo vegetativo. Garnacha peluda tiene características que recomiendan su destino a vino blanco. Bruñal y Rufete tienen un alto pH y su zona óptima de cultivo será una zona más fresca que en la que se ha realizado este estudio.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo corresponde al proyecto de investigación IDI-20170904 - PEVIMEN cuya finaciación ha sido realizada a través del CDTI. Los autores agradecen al personal de Bodegas Arrayán su implicación en el mismo.

REFERENCIAS

Glories Y. and Augustin M. 1993. Maturité phénolique du raisin, conséquences technologiques: application aux millésimes 1991 et 1992. In: Proceedings Colloque Journée Technique du CIVB pp. 56-61. Bordeaux, France.

Junquera, P., Lissarrague, J.R., Jiménez, L. Linares R. y 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.). Irrig Sci 30, 351–361 2012.

Mancha L.A, Uriarte D, Valdés E, Moreno D, Prieto MdH. Effects of Regulated Deficit Irrigation and Early Cluster Thinning on Production and Quality Parameters in a Vineyard cv. Tempranillo under Semi-Arid Conditions in Southwestern Spain. Agronomy. 2021; 11(1):34.

Iland P.G., Bruer N., Edwards G., Weeks S. and Wilkes E. 2004. Chemical analysis of grapes and wine: techniques and concepts. (Patrick Iland Wine Promotions, Adelaide: Australia).

Zheng, W., del Galdo, V., García, J., Balda, P., y Martínez de Toda, F. 2016. Minimal Pruning as a Tool to Delay Fruit Maturity and to Improve Berry Composition under Climate Change. American Journal of Enology and Viticulture, 68(1): 136-140

Zheng, W., García, J., Balda, P., y Martínez de Toda, F. 2017. Effects of severe trimming after fruit set on the ripening process and the quality of grapes. VITIS-Journal of Grapevine Research, 56(1), 27-33.

Recuperación de biotipos de la variedad Bobal en la DO Utiel-Requena como primer paso para una selección clonal

F. Sanz[1], A. Yeves[1], D. Guerra[1], I. Buesa[2] y D.S. Intrigliolo[1*]

[1]Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE) (CSIC-UV-GVA). Moncada (Valencia). Ctra. Moncada-Nàquera Km 4.5, 46113, Moncada, Valencia, España.

[1]Grupo de Investigación en Biología Vegetal en Condiciones Mediterráneas, Universidad de las Islas Baleares (UIB). Ctra. Valldemossa km 7,5 E-07122 Palma, Islas Baleares, España.

**D.S. Intrigliolo:* diego.intrigliolo@csic.es

Resumen

Las variedades autóctonas son una base importante para dotar de tipicidad y autenticidad a los vinos de las regiones vitivinícolas más tradicionales. En la DO Utiel-Requena ha recobrado interés mejorar la calidad de los vinos de la variedad Bobal, en la que no se han llevado a cabo selecciones clonales dirigidas a mejorar su aptitud enológica. Bajo este contexto, en el año 2018 se inició un programa, financiado por la propia D.O. Utiel-Requena, de recuperación genética de la variabilidad de biotipos de Bobal con el objetivo de emprender una selección clonal. Durante dos años se determinaron en los viñedos de origen los parámetros agronómicos y de calidad de la uva de unos 500 biotipos seleccionados visualmente en 50 parcelas de Bobal en secano y con cepas de más de 50 años. Los biotipos más contrastados se plantaron en un viñedo que constituye un banco de germoplasma in situ y durante 2 campañas se han evaluado agronómicamente injertados sobre 110-Richter. Los resultados confirman una importante variabilidad en los caracteres estudiados (peso de baya, fertilidad, compacidad de racimos, madurez tecnológica y fenólica). Además, se han identificado los biotipos con mejores aptitudes para plantarlos en una nueva parcela sobre distintos portainjertos para estudiar su interacción con el portainjerto. Fruto de este trabajo, se han obtenido relaciones uni- y multi-variantes ente las variables agronómicas y enológicas de las cepas, demostrando el fuerte vínculo que hay entre ellas, lo que permite también identificar aquellos biotipos que presentan valores más atípicos.

Palabras clave: Madurez tecnológica, madurez fenólica, mejora genética, respuesta agronómica, tipicidad.

INTRODUCCIÓN

En ciertos cultivares de vid españoles se han llevado a cabo y se siguen realizado estudios y prospecciones para preservar las variantes somáticas de determinadas variedades. Con este fin se han llevado a cabo selecciones clonales para identificar y preservar las mejores características agronómicas y/o enológicas y la mayor capacidad de adaptación a las condiciones ambientales (Vicente et al. 1985). Dada la antigüedad de la variedad Bobal y su enorme importancia económica en la industria vitivinícola regional, resulta crucial conocer la previsiblemente elevada diversidad intravarietal disponible y su potencial. La identificación y caracterización de la variabilidad genética y fenotípica existente en una determinada variedad, puede permitir un mejor aprovechamiento de la biodiversidad existente (Carvalho et al. 2021)). La información asociada a cada clon, posibilitará adaptar mejor las prácticas agrícolas a su interacción con las condiciones ambientales y a los efectos del cambio climático; y lo que es más importante, dotará al agrosistema vitícola

de mayor resiliencia. Poner en valor la posible biodiversidad existente dentro de la variedad Bobal, posibilitará emprender actividades para dar a conocer, recuperar y proporcionar a los viticultores, herramientas ecológicas para la sostenibilidad del viñedo y, además, hacer frente a los nuevos desafíos que genera el cambio climático.

Con todo ello, en el año 2018 se emprendió un proyecto denominado ValorBobal, cuyo objetivo general es la recuperación y valorización de la variedad autóctona Bobal llevando a cabo una zonificación de la viticultura de la D.O. Utiel-Requena y una selección clonal en la variedad Bobal para 1) incrementar su resiliencia en un contexto de cambio climático; y 2) aumentar la competitividad del sector en un mercado tan globalizado. En definitiva, se pretende fomentar la catalogación, investigación y difusión de los viñedos ancestrales en la DO Utiel-Requena. En esta comunicación se presentan algunos de los resultados obtenidos en relación al estudio prospectivo inicial y el inicio de la caracterización agronómica de los biotipos previamente seleccionados

MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio prospectivo inicial

Al comenzar el proyecto se seleccionaron 50 viñedos con cepas de más de 50 años de antigüedad que estuvieran en secano, cultivadas en vaso y localizadas por todo el territorio vitivinícola comprendido en la D.O. Utiel-Requena (DOUR). Para ellos se recurrió a una base de datos de la propia DOUR que se incluyó en un SIG. En cada una de estas 50 parcelas, se identificaron visualmente unas 10 cepas que tuvieran caracteres agronómicos diferenciados para su posterior estudio en detalle. Durante dos años (2018 y 2019), se cuantificaron parámetros agronómicos y de calidad de la uva de dichos biotipos. Los parámetros estudiados incluyen tanto la producción y sus componentes como la compacidad del racimo, además de análisis de composición de la uva tanto a nivel tecnológico como fenólico.

Caracterización agronómica

Para la caracterización de biotipos en una misma parcela experimental se seleccionó una parcela que se sitúa en el paraje del Cerrito en el término municipal de Requena (39ºN, altitud 700m) y es propiedad de la Fundación Lucio Gil de Fagoaga. El suelo de la parcela, característico de la comarca, es de textura franco arcillosa a arcillosa ligera con una profundidad útil en torno 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/m^3. El clima en la zona de estudio 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. Durante el año 2019 se procedió a la plantación de los portainjertos (110R) que se dejaron crecer durante un año y en el año 2020 se injertaron los biotipos preseleccionados para su evaluación en condiciones comparables; para así evitar diferencias que han podido deberse a las diferentes características edafoclimáticas y de manejo agronómico de cada una de las parcelas en las que se han preseleccionado los biotipos. Se injertaron los 92 biotipos más interesantes encontrados en la fase anterior del proyecto y 10 biotipos comerciales (controles). Los biotipos se dispusieron en un diseño experimental por bloques al azar con cuatro repeticiones y tres individuos por repetición lo que hace un total de 12 individuos por biotipo. También se injertaron 115 biotipos adicionales en todo el perímetro de la parcela experimental, que sirven como reservorio genético por sus características de potencial interés.

El año 2021 se ha tomado como punto de partida para la toma de datos y evaluación

de las principales características agronómicas y de madurez tecnológica y fenólica de los biotipos seleccionados como son: la productividad, el índice de Ravaz, la fertilidad, el peso medio de baya, el número de bayas por racimo, la compacidad y tamaño del racimo, la evolución de la maduración, el contenido total en sólidos solubles (SST), la acidez titulable (AT), el contenido de polifenoles y antocianos en el momento de la vendimia. Como trabajos transversales a la caracterización agronómica y enológica se ha realizado la evaluación de la fenología en los momentos de brotación, floración y envero; toma de muestras de material vegetal para el estudio genético y descartar la presencia de posibles biotipos que no perteneciesen la variedad Bobal; toma de muestras de material vegetal tanto en la madera de la poda de invierno como de hojas para el estudio de la posible presencia de virus; determinación de la afección por Mildiu para determinar una posible mayor resistencia de algún biotipo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante los dos años de evaluación previa de la variabilidad de biotipos se pudo constatar una gran variabilidad entre los caracteres determinados manteniéndose en muchos casos las diferencias entre años (Tabla 1). Con el pool de datos obtenidos, también se pudo comprobar que existe relación entre las variables determinadas y que ciertos caracteres como el peso de la baya o el nivel de producción influyen sobre la composición tecnológica de la uva (resultados no mostrados). De este modo, se están usando dichas relaciones para identificar aquellos biotipos que presentan valores más atípicos

En cuanto a la evaluación agronómica de los biotipos plantados en el campo de ensayos de El Cerrito (Requena), en la Tabla 2 se incluye un resumen de los resultados obtenidos en los biotipos que mejores características presentaron en cuanto a producción, compacidad, peso de la baya, ratio antocianos/ SST, ratio AT/SST, ratio pH/SST. Cabe destacar que varios biotipos tenían una compacidad entre 1 y 3 de la escala de la OIV (OIV 2021), siendo por lo tanto poco compactos a diferencia de los clones comerciales de la variedad Bobal.

En conclusión, tras el primer año de evaluación agronómica y de manera tentativa y totalmente preliminar, se han identificado aquellos biotipos más prometedores con mejores valoraciones en los distintos indicadores empleados (Tabla 3) destacando los biotipos 1.8, 18.5, 36.6 y CF.45 por tener mejores atributos de calidad con racimos poco compactos, bajos pesos de baya y una buena carga fenólica y acidez relativa a la concentración de SST. En cuanto a biotipos más productivos destacar los biotipos 42.9 y 36.1 con producciones claramente mayores a la media y niveles que en el caso del biotipo 42.9 llegaron hasta los 6,63 kg/cepas correspondientes a unos 24.000 kg/ha.

AGRADECIMIENTOS

Investigación financiada por ValoraBobal (DOUR) y PID2021-123305OB-C31 (AEI).

Referencias

Aguirrezábal, F., Sagüés, A., Cibriain, J.F., Astrain, J.A., Pérez de obanos, J.J. 2005. Selección clonal-sanitaria de la Garnacha Tinta en Navarra. Navarra Agraria 25-38.

Carvalho, L.C., Gonçalves, E.F., da Silva, J.F., Costa, J.M. 2021. Potential Phenotyping Methodologies to Assess Inter- and Intravarietal Variability and to Select Grapevine Genotypes Tolerant to Abiotic Stress. Frontiers in Plant Sci. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.718202.

OIV. 2021. Compendium of international methods of wine and must analysis. ISBN 978-2-85038-034-1

Tablas

Tabla 1. Valores máximos y mínimos de cada variable por biotipos de la misma parcela.

	Producción (kg/cepa)	**Fertilidad (racimos/sarmiento)**	**Peso de la baya (g)**	**Bayas/racimo**	**Compacidad (Escala OIV)**
Valor máximo	15,7 (19)[1]	1,6 (6 y 25)	0,8 (44)	304 (42)	7 (1)
Valor mínimo	1,0 (19)	0,5 (6 y 25)	3,3 (44)	68 (42)	2 (1)

[1] El número de las parcelas en la que se encontraban los biotipos se indica entre paréntesis

Tabla 2. Biotipos que mostraron los mejores valores en cuanto a distintas variables de calidad

Producción (kg/cepa)	**Compacidad (OIV)**	**Peso baya (g)**	**Acidez/SST (g/L*ºBrix)**	**pH/SST (1/ºBrix)**	**Antocianos/SST (mg/g*ºBrix)**
6,6 (42.9)	1,2 (18.9)[1]	1,5 (CF.45)	0,33 (11.6))	0,16 (18.5)	0,09 (11.5)
4,3 (50.6)	1,3 (4.10)	1,6 (1.8)	0,33 (34.6)	0,17 (36.6)	0,07 (1.3)
4,3 (24.2)	2,3 (1.3)	1,6 (12.4)	0,32 (14.8)	0,17 (16.9)	0,08 (18.5)
4,1 (12.3)	3,0 (CF.55)	1,7 (CV.1)	0,32 (36.1)	0,17 (1.8)	0,06 (3.4)
4,1 (4.8)	3,2 (42.1)	1,8 (32.2)	0,32 (6.3)	0,17 (11.4)	0,05 (36.6)

[1] El número de la parcela en la que se encontraban los biotipos se indica entre paréntesis

Tabla 3. Biotipos con mejores valores (entre los 10 mejores) en los caracteres resumidos

Biotipo	**Producción (kg/cepa)**	**Compacidad (OIV)**	**Peso baya (g)**	**pH/SST (1/ºBrix)**	**Antocianos/SST (mg/g*ºBrix)**
1.8		3,2	1,64	0,17	
18.5			1,77	0,16	0,077
36.6			1,87	0,16	0,055
CF.45		3,8	1,48		
1.3		2,3			0,066
3.4		3,2			0,060
6.3					0,077
11.4				0,17	
11.5					0,089
11.6					
15.7				0,17	0,078
17.7					
18.9		1,2			0,068
36.1	4,02				
37.1			1,82		0,058
42.9	6,63		1,79		
50.7		3,0			
CV.1	3,96		1,75		

Exploración genómica para identificar mutaciones somáticas en plantas de la variedad Berués (*Vitis vinifera L.*)

M. Espinal[1], M. Alfaro[1,2], S. Crespo-Martínez[1], C. Miranda[1,2], L.G. Santesteban[1,2], J. Urrestarazu[1,2,*]

[1]Universidad Pública de Navarra, Departamento de Agronomía, Biotecnología y Alimentación, Campus de Arrosadia, 31006 Pamplona

[2] Instituto de Investigación Multidisciplinar de Biología Aplicada (IMAB), Campus de Arrosadia, 31006 Pamplona

*jorge.urrestarazu@unavarra.es

Resumen

La disponibilidad de tecnologías de secuenciación de nueva generación (NGS), en combinación con genomas de referencia de calidad, permite identificar mutaciones somáticas entre plantas de variedades de especies que, como la vid, se reproducen vegetativamente desde hace siglos. El objetivo de este trabajo es a partir de datos NGS conocer el nivel de variabilidad intravarietal entre plantas de Berués recientemente recuperadas en la Cuenca de Pamplona. Mediante el uso de recursos computacionales de acceso abierto disponibles en la plataforma Galaxy se diseñó un flujo de trabajo que permitió identificar, por una parte, las variantes comunes entre las plantas secuenciadas frente al genoma de referencia y, por otra, las variantes únicas (polimorfismos presentes sólo en un individuo), así como las variantes compartidas por cuatro, tres o dos plantas de Berués analizadas. Este estudio constituye el punto de partida para identificar qué variantes podrían ser responsables de la variación fenotípica observada entre plantas de esta variedad, así como para conocer los individuos de Berués que a nivel genómico pueden estar más próximos.

Palabras clave: variantes intravarietales, SNPs, InDels, genoma de referencia, *Next Generation Sequencing*.

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de tecnologías *Next Generation Sequencing* (NGS), en combinación con genomas de referencia de calidad, proporcionan una herramienta muy útil para estimar la dinámica de acumulación de mutaciones somáticas a escala genómica en variedades de especies que se reproducen vegetativamente (Calderón et al., 2021). 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. Por ello, en viticultura, una línea de investigación de interés creciente en los últimos años está siendo conocer el nivel de diversidad intravarietal. En los últimos cinco años se han publicado algunos estudios enfocados a cuantificar el nivel de variabilidad intravarietal en variedades muy extendidas, como es el caso de Chardonnay (Roach et al., 2018), así como variedades importantes en regiones geográficas concretas. En esta última categoría cabe destacar, entre otros, el estudio de la variabilidad intravarietal entre clones de Nebbiolo (Gambino et al., 2017),

Zinfandel-Primitivo (Vondras et al., 2019) o Malbec (Calderón et al., 2021).

El grupo de investigación "Fruticultura y Viticultura Avanzadas" de la Universidad Pública de Navarra (UPNA), en colaboración con Bodegas Otazu, puso en marcha en 2017 una iniciativa de recuperación de variedades antiguas de vid en la zona peri-urbana de Pamplona mediante un método diseñado *ad hoc* para recuperar variedades de vid en zonas actualmente no vitícolas (Crespo-Martínez et al., 2022). Dicho método combinaba el análisis de la información histórica disponible y el empleo de información de uso libre (uso de mapas de cultivos y aprovechamientos, ortofotos y programas y aplicaciones SIG). Este método permitió identificar las áreas con mayor probabilidad de encontrar cepas supervivientes al arranque de viñedo de las últimas décadas. Uno de los logros más destacados fue la recuperación de 15 plantas de Berués, variedad que se consideraba extinta. El objetivo general de este estudio es conocer el nivel de variabilidad intravarietal entre plantas de la variedad Berués prospectadas en la Cuenca de Pamplona a través de datos genómicos obtenidos mediante *Next Generation Sequencing*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal y secuenciación *Next Generation Sequencing*

Se secuenció el genoma de cinco plantas de la variedad Berués, entre ellas cuatro de las plantas recuperadas en la Cuenca de Pamplona y la única accesión de esta variedad conservada a nivel nacional, la cual fue prospectada en la Cuenca de Pamplona a principios del siglo XX, y que se conserva en El Encín (Alcalá de Henares) y en el Rancho de la Merced (Jerez de la Frontera). La extracción de ADN de esas cinco plantas se realizó mediante el Dneasy Plant Minikit (Qiagen). La construcción de librerías se llevó a cabo mediante el uso del kit TruSeq Nano DNA Library Prep (Illumina) y la secuenciación *paired-end* (150 pb) de las cinco plantas se llevó a cabo en un equipo Illumina NovaSeq 6000 a una cobertura 20X.

Flujo de trabajo diseñado en la plataforma Galaxy

Se diseñó un flujo de trabajo basado en recursos computaciones de acceso abierto disponibles en la plataforma Galaxy (Fig. 1). Para evaluar la calidad de las lecturas generadas en la plataforma de secuenciación para cada muestra se utilizó la herramienta **FastQC**. Tras el análisis de calidad, se procedió al filtrado y recorte de las lecturas (*trimming*) a través de la herramienta **fastp**. El proceso de mapeo se realizó mediante el algoritmo **BWA-MEM** utilizando el genoma de referencia **PN40024.v4**. Tras el mapeo, se utilizó **FreeBayes** para proceder a la búsqueda de variantes. **FreeBayes** genera archivos en formato VCF donde se listan las variantes que existen entre las muestras secuenciadas y el genoma de referencia. La interpretación de las variantes se llevó a cabo en dos etapas: (1) identificación de las variantes de cada una de las plantas secuenciadas frente al genoma de referencia y (2) determinación de las variantes comunes entre todas las plantas secuenciadas y las variantes únicas entre plantas (variantes intravarietales). La interpretación de los posibles efectos que suponen las variantes identificadas se realizó mediante **SnpEff**.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de lecturas *paired-end* de 150 pb de longitud generadas en la secuenciación fueron bastante distintas entre plantas, variando entre 25,6 millones (Rancho1) y 85,4 millones (BM_003), lo que equivale, a 7,7 y 25,6 Gb, respectivamente. A pesar de que

los resultados de calidad de los datos NGS analizados mediante la herramienta FastQC fueron de muy buena calidad en todas las muestras, se decidió realizar un filtrado para mejorar aún más su calidad. El porcentaje de lecturas que pasaron el filtro impuesto por la herramienta fastp fue superior al 98 % en todas las muestras, y mediante el algoritmo BWA-MEM fueron mapeadas en al genoma de referencia (PN40024.v4) con una tasa de mapeo en torno al 98%.

En una primera fase de análisis se comparó cada individuo de Berués con al genoma de referencia con el objetivo de conocer las variantes individuales de cada muestra secuenciada. El número de variantes identificadas en los individuos secuenciadas varió entre 3,9 millones (Rancho1) y 7,6 millones (MA_002). El tipo de variantes identificadas se clasificaron en las siguientes categorías: "SNP" (Polimorfismo de un único nucleótido, A>T), "MNP" (Polimorfismo de múltiples nucleótidos, ATA>GTC) "InDels" [inserciones (A>AG) o deleciones (AC>C)]. La mayoría de las variantes identificadas eran de tipo SNP (entre un 74% y 78%), seguidas de variantes de tipo MNP (en torno a un 12%), e InDels (entre un 10% y 13%). En una segunda fase de análisis se identificaron las variantes comunes, únicas y compartidas entre cuatro, tres o dos individuos con el fin de cuantificar las diferencias intravarietales (Fig. 2). La herramienta Bedtools multiple intersect permitió identificar más de 300 mil variantes comunes entre los cinco individuos, como se muestra en la primera columna de la Fig. 2. El número total de variantes (SNP, MNP e InDels) únicas presentes sólo en uno de los individuos, fue diferente entre plantas (entre ocho mil y cincuenta mil).

El número total de variantes únicas identificadas es superior a trabajos llevados a cabo en otros estudios. Comparar resultados entre distintos estudios es una tarea compleja ya que en ellos se estudian variedades con historias evolutivas particulares. Además, los resultados de este tipo de análisis son muy dependientes de los datos NGS que se dispongan (profundidad de secuenciación, tecnología NGS empleada, etc.), así como de las herramientas computacionales que se empleen. Este estudio constituye el punto de partida para conocer qué variantes podrían ser responsables de la variación fenotípica observada entre plantas de esta variedad, así como para conocer qué individuos de Berués pueden estar más próximos a nivel genómico.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Departamento de Desarrollo Económico del Gobierno de Navarra: Bono Tecnológico-2017 y el proyecto BERUÉS (código: 0011-1365-2019-000074).

REFERENCIAS

Calderón, L., Mauri, N., Muñoz, C., Carbonell-Bejerano, P., Bree, L., Bergamin, D., Sola, C., Gomez-Talquenca, S., Royo, C., Ibáñez, J., Martínez-Zapater, J. M., Lijavetzky, D. 2021. Whole genome resequencing and custom genotyping unveil clonal lineages in 'Malbec' grapevines (*Vitis vinifera* L.). Sci. Rep. 11(1):1–11.

Crespo-Martínez, S., Mayor, B., Oneka, O., Loidi, M., Villa-Llop, A., Marín, D., Miranda, C., Santesteban, L. G., Urrestarazu, J. 2022. Recovery of ancient grapevine plant material in peri-urban areas. A case of success in Pamplona (Spain) leading to the recovery of cv. Berués. Sci. Hortic. 293.

Gambino, G., Dal Molin, A., Boccacci, P., Minio, A., Chitarra, W., Avanzato, C. G., Tononi,

P., Perrone, I., Raimondi, S., Schneider, A., Pezzotti, M., Mannini, F., Gribaudo, I., Delledonne, M. (2017). Whole-genome sequencing and SNV genotyping of "Nebbiolo" (*Vitis vinifera* L.) clones. Sci. Rep. 7(1):1–15.

Roach, M. J., Johnson, D. L., Bohlmann, J., van Vuuren, H. J. J., Jones, S. J. M., Pretorius, I. S., Schmidt, S. A., Borneman, A. R. 2018. Population sequencing reveals clonal diversity and ancestral inbreeding in the grapevine cultivar Chardonnay. PLoS Genet. 14(11):1–24.

Vondras, A. M., Minio, A., Blanco-Ulate, B., Figueroa-Balderas, R., Penn, M. A., Zhou, Y., Seymour, D., Ye, Z., Liang, D., Espinoza, L. K., Anderson, M. M., Walker, M. A., Gaut, B., Cantu, D. 2019. The genomic diversification of grapevine clones. BMC Genomics. 20:1–19.

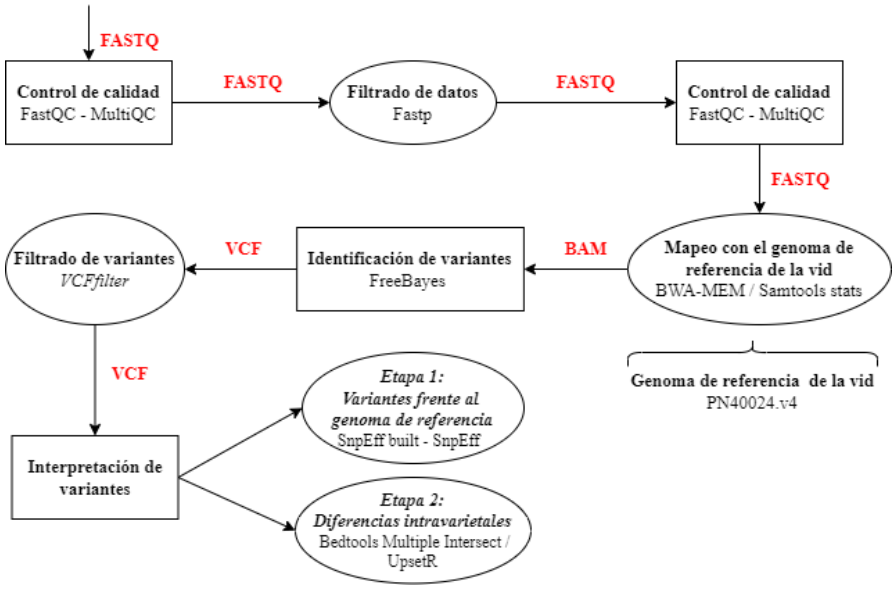


Fig. 1. Flujo de trabajo diseñado con recursos computaciones de acceso abierto disponibles en la plataforma Galaxy. Se indican las herramientas empleadas y en rojo se señalan los formatos de los archivos empleados en cada etapa.

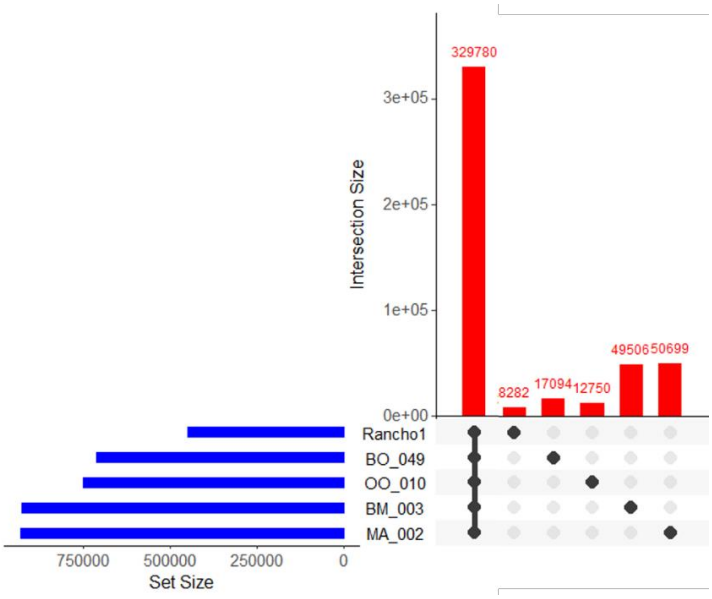


Fig 2. Representación de las variantes intravarietales. En azul, se representan las variantes totales identificadas en cada individuo. La primera columna, en rojo, muestra las variantes comunes entre todos los individuos, y a continuación, las variantes únicas de cada uno de ellos.

Desarrollo vegetativo y productividad de nuevos genotipos, obtenidos a partir de Monastrell, cultivados en secano en la Región de Murcia.

D. J. Fernández-López[1], P. Romero[2], A. Yepes-Hita[1], S. Lucas-Miñano[3], J. Martínez-Jiménez[1], A. Fuentes-Denia[1], C. Martínez-Mora[1], C. Ventura-Padilla[3], J. I. Fernández-Fernández[4], J. A. Bleda[4], E. Salmerón[3], I. Hita[3] y L. Ruiz-García[1*]

[1] Equipo de Mejora Genética Molecular, Departamento de Biotecnología, Genómica y Mejora Vegetal.

[2] Equipo de Riego y Fisiología del estrés, Departamento de Bioeconomía, Agua y Medio Ambiente.

[3] Servicio de Certificación Sanitaria de Vid.

[4] Equipo de Enología y Viticultura, Departamento de Desarrollo Rural, Enología y Agricultura Sostenible.

[1,2,3,4] Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Medioambiental (IMIDA), C/ Mayor, s/n., 30150, La Alberca (Murcia).

* *Autor para correspondencia:* leonor.ruiz@carm.es

Palabras clave: Sequía, Mejora Genética, Estado Hídrico, Producción, Área Foliar.

Resumen

Los escenarios climáticos en las áreas mediterráneas prevén una reducción de los recursos hídricos renovables y un aumento de los episodios de sequía, junto con el incremento de temperaturas. Ante este problema, una de las alternativas de adaptación de la viticultura a estas condiciones sería el desarrollo y selección de nuevas variedades que se adapten mejor a las condiciones de sequía, presentando buenas características agronómicas, de calidad de uva y enológicas en estas zonas. El IMIDA viene desarrollando desde finales de los 90 un programa de mejora genética de la uva de vinificación, gracias al cual se dispone de nuevos genotipos obtenidos a partir de cruzamientos dirigidos de 'Monastrell' con otras variedades. En este trabajo estudiamos durante cuatro años (2018-2021) el comportamiento de seis nuevos genotipos, derivados de cruzamientos de 'Monastrell' por 'Cabernet Sauvignon' (MC16, MC19, MC72, MC80) y de 'Monastrell' por 'Syrah' (MS49, MS104), cultivados en secano en una zona vitivinícola semiárida con altas temperaturas (Murcia), comparando su desarrollo vegetativo y su productividad con los valores obtenidos en condiciones de riego deficitario controlado (RDC, 30% ET_c). El estado hídrico de las plantas se estimó midiendo el potencial hídrico al mediodía y parámetros de intercambio gaseoso (conductancia estomática y tasa fotosintética). Como era de esperar, tanto el desarrollo vegetativo como la productividad del material estudiado disminuyeron en secano respecto al RDC, observándose una variación significativa entre los genotipos estudiados. Así, en secano, MC80 fue uno de los genotipos menos afectados tanto en su desarrollo vegetativo como en su productividad respecto al RDC, frente a MS104 que fue de los más afectados. No obstante, MS104 fue el genotipo más productivo en secano (34% superior al menos productivo). La variabilidad encontrada podría ser explotada como estrategia de adaptación de la viticultura a la escasez de agua en regiones semiáridas.

INTRODUCCIÓN

Los escenarios climáticos en áreas mediterráneas prevén un incremento de la escasez de agua y de las altas temperaturas (Guiot y Cramer, 2016), que podrían provocar la exclusión de algunas de estas zonas para la producción de vino (Morales-Castilla et al., 2020). En estas regiones, la mayoría de las variedades cultivadas están adaptadas a las condiciones actuales de sequía. Pese a ello, es posible que no resistan un clima más seco y cálido como el que se espera en las próximas décadas. Ante este problema, es necesario adoptar medidas que permitan mantener la sostenibilidad de la viticultura en estas regiones. Una de estas medidas, a medio y largo plazo, sería el desarrollo y selección de nuevas variedades que se adapten mejor a las condiciones edafoclimáticas específicas de la zona vitivinícola, manteniendo buenas propiedades agronómicas y de calidad de la uva. El IMIDA viene desarrollando desde finales de los 90 un programa de mejora genética de la uva de vinificación, gracias al cual se dispone de nuevos genotipos obtenidos a partir de cruzamientos dirigidos de 'Monastrell' con otras variedades de interés. El objetivo final de este trabajo es la identificación y selección de nuevos genotipos más tolerantes a la escasez de agua y a las altas temperaturas en zonas semiáridas, como medida de adaptación a la sequía.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio se realizó durante cuatro años (2018-2021), en una de las zonas vinícolas más cálidas de la Región de Murcia, situada en El Chaparral (Cehegín, Murcia) en la finca experimental “Hacienda Nueva” del IMIDA. Se evaluaron seis nuevos genotipos derivados de cruzamientos de 'Monastrell' por 'Cabernet Sauvignon' (MC16, MC19, MC72, MC80) y de 'Monastrell' por 'Syrah' (MS49, MS104), injertados sobre 110-Ritcher. El diseño experimental consistió en bloques al azar con dos tratamientos de riego y tres réplicas por genotipo y tratamiento de riego, con 4 cepas por réplica. Los tratamientos de riego aplicados fueron un riego deficitario controlado (RDC), que aportó un 25-30% de la ET_c, y secano.
Se midió el potencial hídrico a mediodía (Ψ_S), utilizando una cámara de presión Scholander (modelo 600; Soil Moisture Equipment, Santa Bárbara, CA), y los parámetros de conductancia estomática (g_S) y tasa fotosintética (A_N) con un equipo de fotosíntesis portátil LI-6400 (LI-COR, Lincoln, NE). Las medidas se realizaron desde mediados de junio hasta finales de septiembre, siguiendo los protocolos descritos por Romero et al. (2010). Los parámetros de crecimiento vegetativo analizados, a finales de julio, fueron el tamaño medio del tallo (cm) y el área foliar total (m^2 vid^{-1}). El área foliar se determinó utilizando un medidor de área foliar LI-3000, siguiendo la estrategia descrita por Romero et al. (2010). La producción se evaluó en vendimia, anotando el número de racimos por planta, la producción total (Kg vid^{-1}) y calculando el peso medio del racimo (producción total/número de racimos). El peso medio de la baya se calculó a partir del peso de 100 bayas representativas. La separación de medias se realizó con el test de rangos múltiples de Duncan con el programa StatGraphics Centurion XVI (Statgraphics Technologies, Inc., The Plains, VA, USA).

RESULTADOS Y DICUSIÓN

Los resultados presentados muestran la variabilidad fenotípica encontrada para la mayoría de los parámetros evaluados; dicha variabilidad fue estadísticamente significativa a

nivel de genotipo, tratamiento de riego y año de estudio. No obstante, a pesar de la variabilidad interanual observada, el comportamiento de los genotipos se mantuvo, en general, durante los diferentes años de estudio. En las Tablas 1 y 2 se muestran los valores medios del Ψs, g_S y A_N y los valores medios del desarrollo vegetativo y la productividad, obtenidos para cada genotipo y tratamiento de riego durante el periodo 2018-2021. Todas las variables fisiológicas, así como las de crecimiento vegetativo y productivas, disminuyeron significativamente en secano, respecto de RDC, observándose una variación significativa entre los genotipos estudiados.

El mayor estrés hídrico se registró en envero y vendimia, con una sensibilidad distinta a las condiciones de secano dependiendo del genotipo (Tabla 1). Así, MS104 fue el genotipo con menores diferencias entre tratamientos de riego para el Ψs, disminuyendo un 10% en secano, respecto a RDC, frente al 19% de MC16 y MC72. Respecto a los parámetros de intercambio gaseoso, MC80 disminuyó en secano su g_S y su A_N un 24% y 21%, respectivamente, a diferencia de MS49 que presentó las mayores reducciones del 46% y 33%, respectivamente.

En cuanto a los parámetros de desarrollo vegetativo y a la productividad (Tabla 2), MC80 fue uno de los genotipos menos afectados en secano tanto en su desarrollo vegetativo (registrando reducciones del tamaño del tallo del 9% y un 21% en su área foliar) como en su productividad (con una reducción del 21%). Por el contrario, MC19, MS49 y MS104 fueron los genotipos más afectados en el tamaño medio del tallo (38%, 33% y 31%, respectivamente), el área foliar (48%, 40% y 51%, respectivamente) y la producción (42%, 54% y 40%, respectivamente). No obstante, MS104 fue el genotipo más productivo en secano (34% superior al menos productivo).

Los resultados obtenidos, nos han permitido identificar a MC80 y MS104 como los mejores candidatos para adaptarse al nuevo escenario climático en zonas semiáridas. Disponer de este material supondrá un gran apoyo para el sector vitivinícola, especialmente en la Región de Murcia, al contar con un material único e innovador, que mantendrá a su vez la tipicidad de los vinos de la zona puesto que las variedades se han obtenido a partir de 'Monastrell'.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) a través del proyecto RTA2014-00016-C03-02, el Ministerio de Ciencia e Innovación a través del proyecto PID2020-119263RR-100, y por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (80 %) y la Región de Murcia (20%), con el proyecto FEDER1420-29.

REFERENCIAS

Guiot, J. and Cramer, W. 2016. Climate change: The 2015 Paris Agreement thresholds and Mediterranean basin ecosystems. Sci. 354: 465-468.

Morales-Castilla, I., García de Cortázar-Atauri, I., Cook, B. I., Lacombe, T., Parker, A., van Leeuwen, C., Nicholas, K. A., and Wolkovich, E. M. 2020. Diversity buffers winegrowing regions from climate change losses. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 117(6): 2864-2869.

Romero, P., Fernández-Fernández, J. I., and Martinez-Cutillas, A. 2010. Physiological thresholds for efficient regulated deficit-irrigation management in winegrapes grown un-der semiarid conditions. Am. J. Enol. Vitic. 61(3): 300-312.

Tabla 1. Valores medios de parámetros fisiológicos bajo riego deficitario controlado (RDC) y secano, durante distintos periodos fenológicos.

		Floración - Cuajado		Envero		Vendimia	
	Genotipo	RDC	Secano	RDC	Secano	RDC	Secano
Ψ_S (MPa)	MC16	-0,87 $^{a\ \beta}$	-1,03 $^{a\ \alpha}$	-1,26 $^{a\ \beta}$	-1,50 $^{a\ \alpha}$	-1,26 $^{a\ \beta}$	-1,49 $^{a\ \alpha}$
	MC19	-0,86 $^{a\ \beta}$	-0,99 $^{a\ \alpha}$	-1,27 $^{a\ \beta}$	-1,43 $^{abc\ \alpha}$	-1,21 $^{ab\ \beta}$	-1,41 $^{a\ \alpha}$
	MC72	-0,88 $^{a\ \beta}$	-0,99 $^{a\ \alpha}$	-1,24 $^{a\ \beta}$	-1,42 $^{bcd\ \alpha}$	-1,15 $^{b\ \beta}$	-1,41 $^{a\ \alpha}$
	MC80	-0,87 $^{a\ \beta}$	-0,98 $^{a\ \alpha}$	-1,23 $^{a\ \beta}$	-1,38 $^{cd\ \alpha}$	-1,30 $^{a\ \beta}$	-1,43 $^{a\ \alpha}$
	MS49	-0,87 $^{a\ \beta}$	-0,98 $^{a\ \alpha}$	-1,25 $^{a\ \beta}$	-1,46 $^{ab\ \alpha}$	-1,27 $^{a\ \beta}$	-1,50 $^{a\ \alpha}$
	MS104	-0,93 $^{a\ \alpha}$	-0,96 $^{a\ \alpha}$	-1,24 $^{a\ \beta}$	-1,35 $^{d\ \alpha}$	-1,16 $^{b\ \beta}$	-1,30 $^{b\ \alpha}$
	Riego	-0,88 $^{\beta}$	-0,99 $^{\alpha}$	-1,25 $^{\beta}$	-1,43 $^{\alpha}$	-1,22 $^{\beta}$	-1,42 $^{\alpha}$
g_S (mol H_2O m^{-2} s^{-1})	MC16	0,161 $^{bc\ \alpha}$	0,139 $^{b\ \alpha}$	0,095 $^{ab\ \beta}$	0,057 $^{ab\ \alpha}$	0,093 $^{a\ \beta}$	0,053 $^{ab\ \alpha}$
	MC19	0,140 $^{ab\ \beta}$	0,115 $^{ab\ \alpha}$	0,100 $^{ab\ \beta}$	0,062 $^{ab\ \alpha}$	0,082 $^{a\ \beta}$	0,052 $^{a\ \alpha}$
	MC72	0,172 $^{c\ \beta}$	0,136 $^{b\ \alpha}$	0,110 $^{b\ \beta}$	0,068 $^{b\ \alpha}$	0,116 $^{b\ \beta}$	0,060 $^{ab\ \alpha}$
	MC80	0,130 $^{a\ \alpha}$	0,107 $^{a\ \alpha}$	0,083 $^{a\ \beta}$	0,062 $^{ab\ \alpha}$	0,086 $^{a\ \alpha}$	0,067 $^{b\ \alpha}$
	MS49	0,143 $^{ab\ \beta}$	0,098 $^{a\ \alpha}$	0,093 $^{ab\ \beta}$	0,051 $^{a\ \alpha}$	0,101 $^{ab\ \beta}$	0,054 $^{ab\ \alpha}$
	MS104	0,170 $^{c\ \alpha}$	0,139 $^{b\ \alpha}$	0,094 $^{ab\ \beta}$	0,062 $^{ab\ \alpha}$	0,096 $^{a\ \beta}$	0,062 $^{ab\ \alpha}$
	Riego	0,153 $^{\beta}$	0,122 $^{\alpha}$	0,096 $^{\beta}$	0,061 $^{\alpha}$	0,096 $^{\beta}$	0,058 $^{\alpha}$
A_N (µmol CO_2 m^{-2} s^{-1})	MC16	15,6 $^{bc\ \beta}$	13,9 $^{b\ \alpha}$	10,9 $^{ab\ \beta}$	7,5 $^{a\ \alpha}$	10,2 $^{a\ \beta}$	6,6 $^{a\ \alpha}$
	MC19	14,2 $^{ab\ \beta}$	12,4 $^{ab\ \alpha}$	10,7 $^{ab\ \beta}$	7,8 $^{a\ \alpha}$	9,5 $^{a\ \beta}$	6,5 $^{a\ \alpha}$
	MC72	16,3 $^{c\ \beta}$	13,9 $^{b\ \alpha}$	12,0 $^{b\ \beta}$	8,3 $^{a\ \alpha}$	11,6 $^{b\ \beta}$	7,2 $^{a\ \alpha}$
	MC80	13,4 $^{a\ \beta}$	11,3 $^{a\ \alpha}$	9,8 $^{a\ \beta}$	7,4 $^{a\ \alpha}$	9,3 $^{a\ \beta}$	7,6 $^{a\ \alpha}$
	MS49	14,2 $^{ab\ \beta}$	11,0 $^{a\ \alpha}$	10,0 $^{a\ \alpha}$	6,8 $^{a\ \alpha}$	10,2 $^{a\ \beta}$	6,8 $^{a\ \alpha}$
	MS104	15,2 $^{bc\ \alpha}$	13,8 $^{b\ \alpha}$	9,6 $^{a\ \beta}$	7,0 $^{a\ \alpha}$	9,9 $^{a\ \beta}$	6,9 $^{a\ \alpha}$
	Riego	14,9 $^{\beta}$	12,7 $^{\alpha}$	10,5 $^{\beta}$	7,5 $^{\alpha}$	10,1 $^{\beta}$	6,9 $^{\alpha}$

La separación de medias se realizó con el test de rangos múltiples de Duncan ($p < 0,05$). Para cada parámetro fisiológico y etapa fenológica, diferentes letras en la misma columna (a-d) indican diferencias significativas entre genotipos ($p < 0,05$); y diferentes letras en la misma fila (α, β) indican diferencias significativas entre tratamientos de riego ($p < 0,05$).

Tabla 2. Valores medios del desarrollo vegetativo y la productividad bajo riego deficitario controlado (RDC) y secano.

	Tamaño tallo (cm)		Área foliar (m^2 vid^{-1})		Producción (Kg vid^{-1})		Número de racimos		Peso racimo (g)		Peso baya (g)	
Genotipo	**RDC**	**Secano**	**RDC**	**Secano**	**RDC**	**Secano**	**RDC**	**Secano**	**RDC**	**Secano**	**RDC**	**Secano**
MC16	122 $^{ab\ \alpha}$	113 $^{c\ \alpha}$	2,93 $^{ab\ \alpha}$	2,34 $^{b\ \alpha}$	1,94 $^{a\ \beta}$	1,38 $^{ab\ \alpha}$	20 $^{a\ \alpha}$	20 $^{bc\ \alpha}$	97,6 $^{ab\ \beta}$	69,2 $^{bc\ \alpha}$	0,96 $^{a\ \beta}$	0,78 $^{a\ \alpha}$
MC19	101 $^{a\ \beta}$	63 $^{a\ \alpha}$	2,74 $^{a\ \beta}$	1,44 $^{a\ \alpha}$	1,76 $^{a\ \beta}$	1,03 $^{a\ \alpha}$	19 $^{a\ \beta}$	15 $^{a\ \alpha}$	93,5 $^{ab\ \beta}$	61,8 $^{abc\ \alpha}$	0,99 $^{ab\ \beta}$	0,86 $^{b\ \alpha}$
MC72	119 $^{ab\ \beta}$	91 $^{b\ \alpha}$	3,60 $^{b\ \beta}$	2,47 $^{b\ \alpha}$	1,76 $^{a\ \beta}$	1,03 $^{a\ \alpha}$	23 $^{b\ \beta}$	18 $^{abc\ \alpha}$	77,5 $^{a\ \beta}$	55,5 $^{ab\ \alpha}$	1,06 $^{ab\ \beta}$	0,86 $^{b\ \alpha}$
MC80	126 $^{b\ \beta}$	114 $^{c\ \alpha}$	2,70 $^{a\ \alpha}$	2,14 $^{b\ \alpha}$	1,77 $^{a\ \beta}$	1,39 $^{ab\ \alpha}$	19 $^{a\ \alpha}$	17 $^{ab\ \alpha}$	91,0 $^{ab\ \alpha}$	74,2 $^{cd\ \alpha}$	1,09 $^{b\ \alpha}$	1,03 $^{c\ \alpha}$
MS49	108 $^{ab\ \beta}$	72 $^{ab\ \alpha}$	2,37 $^{a\ \beta}$	1,43 $^{a\ \alpha}$	2,47 $^{b\ \beta}$	1,14 $^{ab\ \alpha}$	23 $^{b\ \alpha}$	22 $^{c\ \alpha}$	104,1 $^{b\ \beta}$	48,9 $^{a\ \alpha}$	1,39 $^{d\ \beta}$	0,81 $^{ab\ \alpha}$
MS104	117 $^{ab\ \beta}$	81 $^{ab\ \alpha}$	2,83 $^{a\ \beta}$	1,38 $^{a\ \alpha}$	2,52 $^{b\ \beta}$	1,51 $^{b\ \alpha}$	19 $^{a\ \alpha}$	17 $^{ab\ \alpha}$	131,0 $^{c\ \beta}$	87,5 $^{d\ \alpha}$	1,22 $^{c\ \beta}$	1,03 $^{c\ \alpha}$
Riego	115 $^{\beta}$	87 $^{\alpha}$	2,86 $^{\beta}$	1,86 $^{\alpha}$	2,03 $^{\beta}$	1,23 $^{\alpha}$	21 $^{\beta}$	18 $^{\alpha}$	98,5 $^{\beta}$	65,5 $^{\alpha}$	1,12 $^{\beta}$	0,89 $^{\alpha}$

La separación de medias se realizó con el test de rangos múltiples de Duncan ($p < 0,05$). Para cada parámetro de desarrollo, diferentes letras en la misma columna (a-d) indican diferencias significativas entre genotipos ($p < 0,05$); y diferentes letras en la misma fila (α, β) indican diferencias significativas entre tratamientos de riego ($p < 0,05$).

Caracterización de las variedades tintas 'Estaladiña' y 'Merenzao' en la DO Bierzo

E. Barajas[1*], A. Martín[2], C. Gómez[3], M. Bueno[4], S. Pérez-Magariño[4], J.A. Rubio[1]

[1] Unidad de Cultivos Leñosos, ITACyL, Finca Zamadueñas, Ctra. Burgos Km. 119, 47071 Valladolid

[2] Estación Enológica de Rueda. ITACyL, C/ Santísimo Cristo 16, 47490, Rueda, Valladolid

[3] C.R.D.O. Bierzo, C/ Mencía 1, Campo de San Bartolo, 24540 Cacabelos, León

[4] Grupo de Enología. ITACyL, Finca Zamadueñas, Ctra. Burgos Km. 119, 47071 Valladolid

[*] *enrique.barajas@itacyl.es*

Resumen

El objetivo de este trabajo es la caracterización agronómica y enológica de las variedades tintas de vid (*Vitis vinifera* L.) 'Estaladiña' y 'Merenzao' en las mismas condiciones de cultivo en un viñedo localizado en Pieros, pedanía de Cacabelos (León). Los resultados muestran diferencias significativas para algunos de los parámetros estudiados productivos (número de racimos por cepas y peso del racimo). Sin embargo, no sé encontraron diferencias significativas para los parámetros enológicos. Los vinos elaborados con la variedad 'Estaladiña' destacan por su alta acidez y mayor contenido en polifenoles, taninos y antocianos que les proporciona una mayor estabilidad e intensidad de color. Estos resultados sugieren que, a pesar de las similares características morfológicas de ambas variedades en la comarca del Bierzo, el comportamiento agronómico y sobre todo el enológico es muy diferente, pudiendo orientar la vinificación a la obtención de vinos con perfiles organolépticos muy distintos.

Palabras clave: variedad minoritaria, homonimia, 'Pan y Carne', maduración, 'Trousseau'**.**

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha producido en muchas zonas vitivinícolas españolas un importante desarrollo y una fuerte actividad en el sector. Las nuevas plantaciones se han realizado con un número reducido de variedades, las más difundidas y conocidas, quedando muchos viñedos de variedades autóctonas y minoritarias abandonados o reinjertados (Arranz et al., 2013). Este hecho no es ajeno a la comarca del Bierzo, donde se ha producido una erosión genética marcada por el auge de la variedad autóctona mayoritaria presente en la zona, la variedad Mencía, y la pérdida de variedades más locales que constituyen una reserva de variabilidad genética de gran potencial (Cabello et al., 1999).

Dos de estas variedades de vid (*Vitis vinifera* L.) son las tintas 'Estaladiña' y 'Merenzao', que se cultivan de forma minoritaria en la comarca del Bierzo. Ambas están admitidas para su cultivo en la normativa que regula la Denominación de Origen Bierzo (BOCYL, 2020). En esta zona existe mucha confusión en la identificación en campo de ambas variedades, ya que se las denomina indistintamente con el nombre de 'Pan y Carne' (Yuste et al., 2006), que fue citada como

existente en la provincia de León a comienzos del siglo XX por García de los Salmones, (1914). La variedad 'Merenzao' se cultiva en la zona Noroeste de España, y en el País Vasco. En Galicia se encuentra en varias denominaciones de origen con el nombre de 'María Ordoña'; y en Castilla y León, en la DO León con el nombre de 'Negro Saurí' y en la DO Arribes con el nombre de 'Bastardillo Chico' (BOE, 2022). La variedad 'Merenzao' corresponde con la variedad francesa 'Trousseau', originaria de la región francesa de Jura (Santana 2011).

El objetivo de este trabajo es la caracterización agronómica y enológica de las variedades tintas 'Estaladiña' y 'Merenzao' cultivadas en un viñedo localizado en Pieros, pedanía de Cacabelos (León).

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se ha realizado en el periodo 2018-2020 en la localidad de Pieros (León) en un viñedo perteneciente a la DO Bierzo. El material vegetal empleado fue *Vitis vinifera* L. de las variedades 'Merenzao' y 'Estaladiña' injertadas sobre 110 Richter y plantado en 2013. El sistema de conducción es en espaldera vertical con un sistema de poda en cordón Royat bilateral con 8 pulgares de dos yemas por cepa. La densidad de plantación fue de 2,5 x 1,2 m (3.333 plantas/ha). El diseño experimental fue en bloques al azar con 4 repeticiones de cada variedad y una parcela elemental de 15 cepas.

El suelo de la parcela es franco arcilloso con pendiente suave y homogénea sin limitaciones para el cultivo de la vid. El viñedo se ha cultivado en régimen de secano, recogiéndose una pluviometría anual de 703, 749 y 551 mm en los años 2018, 2019 y 2020 respectivamente.

Se ha determinado como índices de desarrollo vegetativo el número de sarmientos por cepa por conteo directo sobre las plantas, el peso de madera de poda ($kg \cdot cepa^{-1}$) por pesada en campo en la poda de invierno y el vigor del sarmiento (g) a partir de los dos parámetros anteriores. Asimismo, como parámetros de producción se ha determinado el número de racimos por cepa por conteo directo sobre las plantas, la producción ($kg.cepa^{-1}$) por pesada en campo el día de vendimia, el peso del racimo (g) a partir de los parámetros anteriores y el peso de la baya (g) por muestreo de 150 bayas por repetición. Como parámetros de calidad de la uva se ha determinado la concentración de azúcares (ºBrix), el pH, la acidez total ($g \cdot L^{-1}$ de ac. Tartárico), el ácido málico ($g \cdot L^{-1}$) y el potasio ($mg \cdot L^{-1}$) por los métodos de análisis oficiales para estos parámetros, de una muestra de 150 bayas por repetición obtenida en el momento óptimo de vendimia para cada variedad.

Se elaboró una microvinificación de cada variedad en 2019 y 2020, con un protocolo de elaboración común para vino tinto, analizándose por los métodos recogidos en Pérez-Magariño et al., (2009), la concentración de polifenoles totales ($mg \cdot L^{-1}$), taninos ($mg \cdot L^{-1}$), ésteres tartáricos ($mg \cdot L^{-1}$), flavonoles ($mg \cdot L^{-1}$), antocianos totales ($mg \cdot L^{-1}$), la intensidad de color y la tonalidad en los vinos una vez embotellados de dos muestras, por variedad y año.

El análisis estadístico de los resultados se realizó mediante análisis de varianza (ANOVA) con el programa Statgraphics Centurion 17.2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los parámetros productivos medios para el periodo 2018-20, observándose diferencias estadísticamente significativas entre las variedades para el número de racimos, siendo la variedad 'Merenzao' la que ha mostrado una mayor fertilidad

en el periodo de estudio. De igual forma, se han encontrado diferencias con significación estadística en el peso de racimo a favor de la variedad 'Estaladiña' que presentó un tamaño de racimo sensiblemente mayor. La producción ha resultado muy similar para las dos variedades ya que la menor fertilidad de la variedad 'Estaladiña' se ha compensado con un mayor tamaño de racimo. El peso de la baya fue ligeramente mayor en la variedad 'Estaladiña' (2,14 g) que en la variedad 'Merenzao' (1,91 g).

Para los parámetros de desarrollo vegetativo no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre las dos variedades estudiadas. La variedad 'Merenzao' ha mostrado mayor desarrollo vegetativo que la variedad 'Estaladiña' al presentar mayor número de sarmientos y peso de madera de poda por cepa. El vigor del sarmiento es ligeramente superior en la 'Estaladiña' debido al menor desarrollo vegetativo por cepa.

En el caso de los parámetros de calidad de la uva no se ha encontrado diferencias con significación estadística para ninguno de los 5 parámetros estudiados. Sin embargo, se han observado valores de concentración de azúcares y pH ligeramente superiores en la variedad 'Merenzao'. En cambio, en los parámetros de acidez total, ácido málico y concentración de potasio se han observado valores superiores en la variedad 'Estaladiña'.

En la Fig. 1 se muestran los resultados obtenidos para los parámetros analizados en los vinos. Los vinos de la variedad 'Estaladiña' presentarían mayor capacidad de envejecimiento y estructura al mostrar mayores concentraciones de polifenoles, taninos, antocianos y flavonoles, que permiten mantener una mayor estabilidad de color a lo largo del tiempo que los vinos de la variedad 'Merenzao' en las dos añadas estudiadas. Debido a ello, así como al equilibrio entre los distintos compuestos fenólicos, los vinos de la variedad 'Estaladiña' presentaron mayores valores de intensidad de color, y menores de tonalidad que los vinos de la variedad 'Merenzao'.

Desde el punto de vista enológico, las variedades se diferencian en la mayor intensidad de color, polifenoles, taninos, antocianos y flavonoles de los vinos elaborados con la variedad 'Estaladiña', lo que permitiría enfocar las vinificaciones a vinos con crianza en madera de duración media-larga. En cambio, las elaboraciones con vinos de la variedad 'Merenzao' se orientarían a la obtención de vinos jóvenes o crianzas cortas.

Estos resultados sugieren que, aunque la identificación en campo de las dos variedades sea confusa, el comportamiento agronómico (fertilidad y tamaño del racimo) y sobre todo el comportamiento enológico es muy diferente, mostrando los vinos de las dos variedades diferencias analíticas y organolépticas importantes, pudiendo orientar diferentes protocolos de elaboración de los vinos en función de la variedad.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias al soporte económico de la Junta de Castilla y León, al proyecto VarMinVid financiado fondos FEADER, y a la colaboración de la Bodega Castro Bérgidum y del Consejo Regulador de la Denominación de Origen Bierzo.

REFERENCIAS

Arranz, C., Rodríguez, D., Yuste, J., Barajas, E., Rubio, J.A. 2013. Caracterización y comparación de 5 variedades tintas minoritarias, próximas entre sí filogenéticamente, localizadas en el oeste de Castilla y León. 28 Reunión Anual del Grupo de Trabajo de Experimentación en Viticultura y Enología. Murcia, 16-17 abril. p.53-63.

BOCYL 2020. Boletín Oficial de Castilla y León núm. 192, 17 de septiembre de 2020.

BOE 2022. Boletín Oficial del Estado núm. 34, 9 de febrero de 2022.
Cabello, F., Rodríguez, I., Gallego, J.F., Moreno, S. 1999. Identificación molecular de germoplasma de vid. Instituto Madrileño de Investigación Agraria y Alimentaria (IMIA). ISBN.: 84-605-8954-4.
García de los Salmones, N. 1914. Memoria General de las Sesiones del Congreso y Ponencias Presentadas. C. N. de Viticultura, Pamplona. Imp. Provincial.
Organización Internacional de la Vid y el Vino. 2009. 2ª Edición de la lista de descriptores OIV para variedades y especies de *Vitis*. Ed.O.I.V. Paris.
Pérez-Magariño, S., Ortega-Heras, M., Cano-Mozo, E., González-Sanjosé, M.L. 2009. The influence of oak wood chips, micro-oxygenation treatment, and grape variety on colour, and anthocyanin and phenolic composition of red wines. Journal of Food Composition and Analysis 22(3): 204-211.
Santana, J.C. 2011. Identificación genética, estructura y orígenes de las variedades de vid (*Vitis vinifera* L.) cultivadas en Castilla y León. Tesis Doctoral. ETSIA de Palencia. Universidad de Valladolid. 192 pp.
Yuste, J., Martín, J.P., Rubio, J.A., Hidalgo, E., Recio, P., Santana, J.C., Arranz, C., Ortiz, J.M. 2006. Identification of autochthonous grapevine varieties in the germplasm collection at the ITA of "Castilla y León" in Zamadueñas Station, Valladolid, Spain. Span. J. Agric. Res. 4(1): 31-36.

Tablas

Tabla 1. Valores medios de 2018-20 de los parámetros: NºR, número de racimos por cepa; Pr, producción (kg.cepa^{-1}); PRc, peso del racimo (g); PBy, peso de baya (g); NºS, nº de sarmientos por cepa; PMP, peso de madera de poda (kg.cepa^{-1}); PS, peso del sarmiento (g); SST, sólidos solubles totales (ºbrix); pH; AT, acidez total (g de ac. Tartárico·L^{-1}); AMl, ác. málico (g·L^{-1}); y K, concentración de potasio (mg·L^{-1}), en la variedades 'Estaladiña' y 'Merenzao'.

	Parámetros productivos				Desarrollo vegetativo			Calidad de la uva				
Variedad	NºR	Pr	PRc	PBy	NºS	PMP	PS	SST	pH	AT	AMl	K
Estaladiña	15,0	3,42	232,0	2,14	16,7	1,37	82,7	23,6	3,31	6,57	2,90	1666
Merenzao	27,4	3,48	126,1	1,91	20,6	1,46	72,5	24,0	3,39	5,02	1,92	1571
Sign	*	*ns*	*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*	*ns*

Nivel de significación estadística (Sign): ns = no significativo, *=p<0,05, **=p<0,01.

Figuras

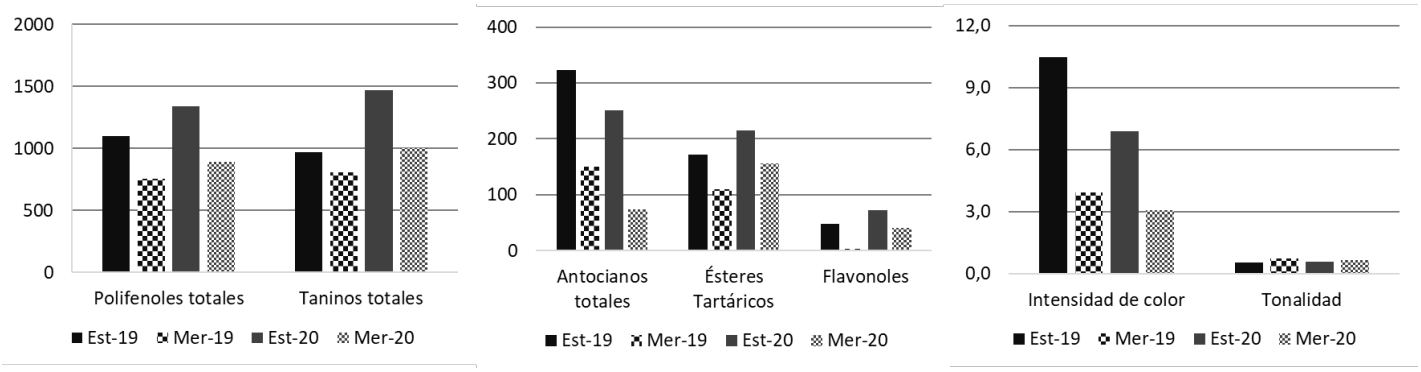


Fig. 1. Concentración de polifenoles totales ($mg \cdot L^{-1}$), taninos totales ($mg \cdot L^{-1}$), antocianos totales ($mg \cdot L^{-1}$), ésteres tartáricos ($mg \cdot L^{-1}$), flavonoles ($mg \cdot L^{-1}$), intensidad de color y tonalidad de los vinos de 'Estaladiña' y 'Merenzao' elaborados en 2019 y 2020.

Importancia del portainjerto en la morfología de la baya y su relación con su contenido fenólico en uva Monastrell

J.M. Navarro*, P. Botía, E.I. Morote, F.M. Hernández, E. Arques, J.A. Palazón, P. Romero
Equipo de Riego y Fisiología del Estrés. Departamento de Bioeconomía, Agua y Medioambiente. IMIDA, C/Mayor s/n, 30150, La Alberca, Murcia, e-*josefam.navarro2@carm.es

Resumen

Analizamos los efectos del portainjerto sobre la concentración fenólica en diferentes tejidos de la baya, su dilución/concentración debido al tamaño de la baya, las características anatómicas y morfológicas de las bayas relacionadas con la concentración de compuestos fenólicos y las relaciones de todos estos parámetros con el contenido fenólico de la baya. Para ello se realizó un estudio donde se analizaba el efecto de cinco portainjertos (140Ru, 1103P, 41B, 110R y 161-49C) sobre los compuestos fenólicos de la uva Monastrell cultivada en las condiciones climáticas del sureste español. El portainjerto tuvo un efecto importante en la acumulación de compuestos fenólicos totales y antocianos en el hollejo (las bayas de 110R y 140Ru tuvieron los valores más altos). Además, el portainjerto modificó algunas características anatómicas y morfológicas que tenían una relación directa con la concentración final de compuestos fenólicos en el mosto. Las uvas de mayor tamaño y los porcentajes de mosto más altos (110R y 140Ru) produjeron un efecto de dilución, mientras que las bayas pequeñas y con un porcentaje de mosto bajo aumentaron la concentración (161-49C). Además, determinadas características del hollejo pudieron contribuir a las diferencias encontradas entre portainjertos en la calidad final de la baya: un menor grosor de la cutícula, menor espesor del hollejo, menor tamaño de las células del hollejo y mayor porcentaje de células del hollejo con coloración uniforme. Para 110R, el pequeño tamaño de las células de epidermis e hipodermis y el mayor porcentaje de células con coloración uniforme del hollejo contribuyeron a su mayor calidad fenólica en mosto. El porcentaje de células en la piel con una coloración uniforme se correlacionó positivamente con su concentración de compuestos fenólicos totales y antocianos. La calidad fenólica de la baya está relacionada con determinados cambios histológicos y morfológicos producidos por el portainjerto.

Palabras clave: antocianos, compuestos fenólicos, epidermis, hipodermis, hollejo

INTRODUCCIÓN

Las diferencias genotípicas en el vigor de los portainjertos inducen modificaciones morfológicas y anatómicas y cambios en la distribución del sistema radicular que pueden afectar a la regulación de las relaciones hídricas, los componentes del rendimiento y la calidad de la baya y del vino. En estudios previos en viñedos de Monastrell en condiciones semiáridas, la elección del portainjerto produjo cambios sustanciales en la calidad final de la baya y en la composición química/aromática y percepción organoléptica del vino (Romero et al., 2018, 2019). Nuestra hipótesis fue que la mayoría de las diferencias en la calidad global de la baya y por tanto en la composición final del vino, se debían a cambios en la baya inducidos por el portainjerto. Estas alteraciones pueden incluir cambios específicos en el tamaño de la baya y en la morfología, anatomía y estructura de la baya como hollejo, semillas, cutícula y pared celular, así como cambios metabolómicos en la baya.

La concentración fenólica del mosto no siempre refleja la concentración fenólica del

hollejo ya que varios factores intervienen en composición final de compuestos fenólicos en el mosto. Conocer las propiedades estructurales/anatómicas del hollejo es importante ya que pueden afectar a la extracción de compuestos fenólicos de los hollejos al mosto durante el proceso de maceración. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto del portainjerto en la calidad de la baya y cómo los cambios anatómicos, morfológicos e histológicos de la baya afectan a la calidad fenólica del mosto.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las bayas se recogieron en vendimia durante los años 2012-2016 en viñas de Monastrell sobre cinco portainjertos (140Ru, 1103P, 41B, 110R y 161-49C) de un ensayo realizado en una parcela experimental en Cehegín (Murcia) en las condiciones semiáridas del sureste español. La vendimia de todos los portainjertos se realizó en la misma fecha y las muestras (800-900 g) se procesaron en laboratorio siguiendo la metodología previamente descrita en Romero et al. (2018), analizando la calidad global del mosto, así como su concentración fenólica en hollejo y semillas. En el estudio de la calidad se utilizó el índice QI ($QI_{tecnológico}$+$QI_{fenólico}$) descrito por Romero et al. (2016). Los parámetros ºBrix, acidez, ratio tartárico/málico, pH, azúcares, ratio azúcares/acidez ($QI_{tecnológico}$), y antocianos totales, polifenoles extraíbles, absorbancia a 520, peso baya e índice de maduración de semilla ($QI_{fenólico}$), en función de sus valores analíticos, contribuyeron a estos índices con valores comprendidos entre 0 (contribución nula a la calidad) y 3 (contribución máxima a la calidad). Sobre 40 bayas de cada tratamiento se realizó un estudio morfológico e histológico para caracterizar la anatomía de la baya y del hollejo según la metodología descrita por Navarro et al. (2021). En el estudio histológico, tras una tinción con azul de toluidina con la que los compuestos fenólicos se tiñen con coloración azulada (Figura 1), el porcentaje de células del hollejo con coloración uniforme se analizó visualmente en las imágenes tomadas en microscopio óptico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El portainjerto tuvo una gran influencia en las características anatómicas y morfológicas de la uva Monastrell y en la acumulación de compuestos fenólicos en hollejo y semillas. El portainjerto más vigoroso y productivo (140Ru) presentó una gran concentración de compuestos fenólicos totales y antocianos en hollejo (Tabla 1), indicando su gran potencial para promover la acumulación de estos compuestos en la baya. Sin embargo, portainjertos poco vigorosos como el 110R también tuvieron una elevada concentración de compuestos fenólicos totales y antocianos en hollejo, probablemente debido a una mayor exposición al sol del racimo por su menor vigor y desarrollo foliar, lo que pudo promover la síntesis y acumulación de estos compuestos en la baya. Las bayas de los portainjertos 1103P y 41B (vigor medio) tuvieron concentraciones más bajas de compuestos fenólicos totales y antocianos en el hollejo, lo que sugiere una menor biosíntesis y acumulación de estos compuestos.

Sin embargo, además de la concentración fenólica del hollejo, la calidad de la baya también depende de otros factores como su tamaño y su morfología. A pesar de sus altas concentraciones de compuestos fenólicos y antocianos en el hollejo, las bayas procedentes de 110R y 140Ru también fueron las más grandes y tuvieron los mayores porcentajes de mosto (Tabla 2), lo que redujo las concentraciones de metabolitos en el mosto por efecto dilución, principalmente en las bayas procedentes de 140Ru (Tabla 1). Las bayas del portainjerto 161-49C, con concentraciones moderadas de compuestos fenólicos totales y antocianos en

hollejo, fueron las más pequeñas y además tuvieron bajo porcentaje de mosto, produciendo la mayor concentración de estos compuestos en el mosto (Tablas 1 y 2). Por otra parte, los portainjertos que dieron la mayor calidad fenólica y total de la baya (161-49C, 110R, 41B, Tabla 1) tuvieron una serie de características morfológicas comunes en los tejidos de la baya como mayor porcentaje de hollejo, menor número de semillas por baya y mayor proporción hollejo/semillas (Tabla 2).

Por otra parte, bayas con altas concentraciones de compuestos fenólicos no siempre producen mostos y vinos con altas concentraciones de estos compuestos, no solamente debido a los factores ya comentados, sino que, además la extracción de estos compuestos del hollejo puede ser difícil por las características del mismo. El hollejo es un tejido fundamental para la calidad del mosto pues los antocianos y muchos compuestos fenólicos se encuentran en las vacuolas de sus células. En este estudio se intentó dilucidar qué características histológicas pudieron contribuir a las diferencias observadas en la concentración final de los compuestos fenólicos en el mosto. La capa más relevante en este estudio fue la epidermis, donde las pequeñas células acumularon gran cantidad de compuestos fenólicos y antocianos (células con coloración uniforme, Figura 1). Identificamos algunas características del hollejo que pudieron contribuir a las diferencias encontradas entre portainjertos en la calidad final de la baya, como un menor grosor de la cutícula, menor espesor del hollejo (epidermis e hipodermis), menor tamaño de las células del hollejo (epidermis e hipodermis) y mayor porcentaje de células del hollejo con coloración uniforme. El espesor del hollejo está relacionado con la extractabilidad de antocianos: hollejos más delgados (principalmente la epidermis, 110R, Tabla 2) facilitan la extracción de antocianos/compuestos fenólicos, lo que ayuda a explicar las altas concentraciones de compuestos fenólicos totales y antocianos en el mosto (110R, Tabla 1). Además, las bayas procedentes del portainjerto 110R, presentaron las células más pequeñas en epidermis e hipodermis y el mayor porcentaje de células con coloración uniforme en ambas capas (Tabla 2, Figuras 2A y 2B). Las bayas del portainjerto 140Ru (alto contenido fenólico en el hollejo, Tabla 1) tenían la cutícula más gruesa en comparación con otros portainjertos (Tabla 2) pudiendo dificultar la extracción de compuestos fenólicos del hollejo y contribuir a la menor concentración de éstos en el mosto y por tanto, a la menor calidad fenólica y total de estas bayas. El portainjerto modificó la distribución de los diferentes tipos de células en la epidermis e hipodermis (Tabla 2). Los mayores porcentajes de células con coloración uniforme en la epidermis coincidieron con las concentraciones más altas de compuestos fenólicos y antocianos en el hollejo (Figuras 2C y 2D), siendo el portainjerto 110R el que produjo bayas con los mayores porcentajes de células con una coloración uniforme (Tabla 2).

El portainjerto puede producir cambios significativos en determinados aspectos histológicos y morfológicos de la baya, que están íntimamente relacionados con su calidad. Un mayor conocimiento del efecto del portainjerto sobre los cambios anatómicos/morfológicos/metabolómicos de la baya puede ser importante para la selección de aquellos portainjertos que favorezcan una mayor calidad fenólica en el contexto del cambio climático.

AGRADECIMIENTOS

Financiado por los proyectos AGL2017-83738-C3-2-R del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y por FEDER 1420-24 (programa operativo de la Región de Murcia 2014-2020), cofinanciado al 80% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional.

REFERENCIAS

Navarro JM, Botía P, Romero R. 2021. Changes in Berry Tissues in Monastrell Grapevines Grafted on Different Rootstocks and Their Relationship with Berry and Wine Phenolic Content. Plants. 10, 2585.

Romero P, Botía P, del Amor FM, Gil-Muñoz R, Flores P, Navarro JM. 2019. Interactive effects of the rootstock and the deficit irrigation technique on wine composition, nutraceutical potential, aromatic profile, and sensory attributes under semiarid and water limiting conditions. Agric. Water Manag. 225, 1–17.

Romero P, Botía P, Navarro JM. 2018. Selecting rootstocks to improve vine performance and vineyard sustainability in deficit irrigated Monastrell grapevines under semiarid conditions.Agric. Water Manag. 209:73–93.

Romero, P.; Fernández-Fernández, J.I.; Botía, P. 2016. Interannual climatic variability effects on yield, berry and wine quality indices in long-term deficit irrigated grapevines, determined by multivariate analysis. Int. J. Wine Res. 8, 3–17.

Tabla 1. Antocianos y compuestos fenólicos en hollejo, semillas y mosto y calidad de la baya (QI), y producción de la planta.

	Antocianos		Compuestos fenólicos				Mosto				Producción
	Hollejo		Hollejo		Semillas				QI		
Portainjerto	mg g^{-1} hollejo	mg $baya^{-1}$	mg g^{-1} hollejo	mg $baya^{-1}$	mg g^{-1} semilla	mg $baya^{-1}$	Antocianos extraíbles (mg L^{-1})	Polifenoles (mg L^{-1})	Fenólica	Total	kg $planta^{-1}$
140Ru	6.00b	1.08bc	10.9ab	1.98b	4.8	0.38	236a	34.9a	2.5a	9.8a	6.10d
1103P	5.32a	0.93a	10.4a	1.80a	5.6	0.45	236a	39.7b	2.9b	10.0a	3.69bc
41B	5.84b	0.99ab	10.7a	1.82a	4.6	0.39	244a	43.0c	3.0b	10.8b	3.91c
110R	6.09b	1.09c	11.3b	2.00b	5.7	0.43	276b	43.8c	3.4c	11.2b	3.48ab
161-49C	5.67ab	1.00ab	10.5a	1.86a	6.0	0.46	287b	45.0c	3.8d	12.3c	3.08a
Significación estadística	*	**	*	***	ns	ns	***	***	***	***	***

*'ns' *, ** y *** indican diferencias no significativas y diferencias significativas a P<0.05, 0.01 y 0.001 respectivamente. Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas al 95% según el test de Duncan.*

Tabla 2. Características morfológicas e histológicas de la baya y el hollejo.

Portainjerto	Peso baya (g)	Hollejo (%)	Mosto (%)	Semillas número	Hollejo/semillas	Espesor (µm)			Tamaño células (µm²)			Células coloración uniforme (%)
						Cutícula	Epidermis	Hipodermis	Epidermis	Hipodermis	Epidermis	Hipodermis
140Ru	1.59c	11.9bc	63.3b	2.04a	2.27c	2.50b	17.7b	138	496ab	2656ab	55.5a	3.7a
1103P	1.39a	11.2a	60.9a	2.26bc	2.16ab	2.31a	17.9b	145	573b	2935ab	47.8a	4.0a
41B	1.48b	11.3ab	60.2a	2.37c	2.14a	2.18a	19.6b	142	556b	3234b	43.5a	2.1a
110R	1.45bc	12.1c	64.1b	2.12ab	2.26c	2.13a	13.0a	121	308a	1952a	85.8b	13.3b
161-49C	1.42a	11.9abc	60.9a	2.09a	2.23bc	2.27a	18.4b	177	604b	3073b	47.1a	7.9ab
Significación estadística	***	*	*	***	**	***	**	ns	⊥	⊥	**	*

*ns' ⊥, *, ** y *** indican diferencias no significativas y diferencias significativas a P<0.07, 0.05, 0.01 y 0.001 respectivamente. Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas al 95% según el test de Duncan.*

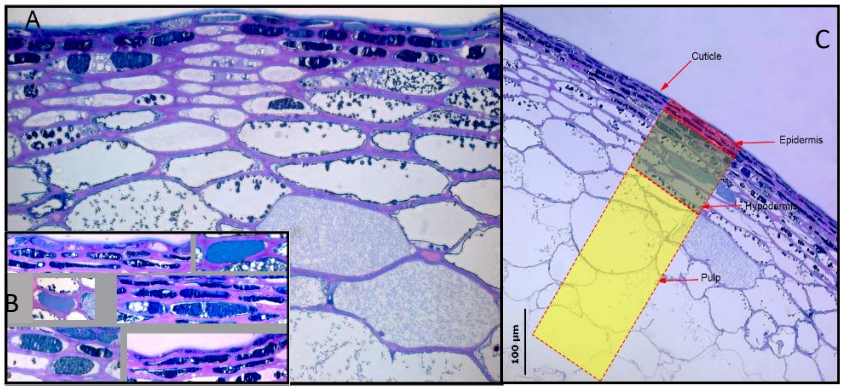


Figura 1. Tipología de las células del hollejo de Monastrell (A), detalle de las células con coloración uniforme (B) y detalle de la cutícula, epidermis, hipodermis y pulpa (C).

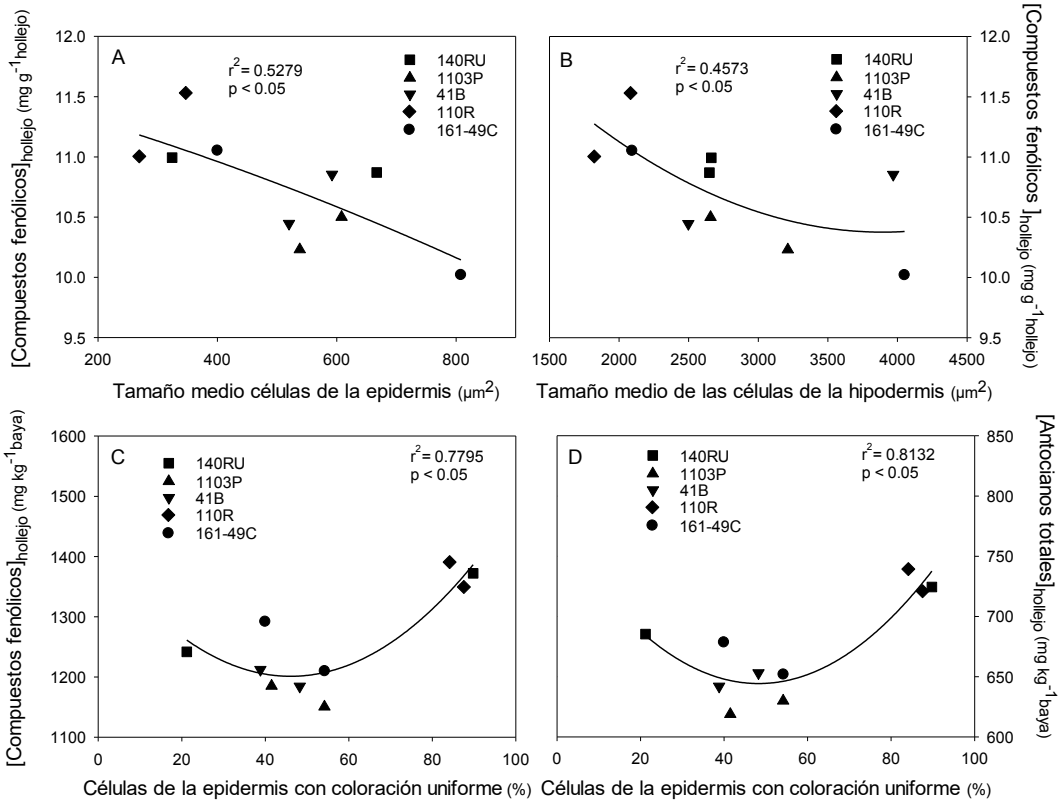


Figura 2. Relaciones entre características del hollejo y los compuestos fenólicos de la baya.

Comportamiento agronómico de variedades de vid resistentes a enfermedades en La Rioja

S.I. Blanco-González[1*], M.M. Hernández[2] y C.M. Menéndez[2]
[1]Depto. de Agricultura y Alimentación, Universidad de La Rioja, C/Madre de Dios 51, 26006, Logroño.
[2]Instituto de Ciencias de la Vid y el Vino (ICVV), Finca La Grajera, Carretera de Burgos km 6, 26007, Logroño.
sablang@unirioja.es

Resumen
El cambio climático y la sostenibilidad del cultivo son los principales retos a los que se enfrenta la viticultura actual, que precisará desarrollar variedades de vid adaptadas a nuevas condiciones. En este contexto, y dado el elevado consumo de fitosanitarios en la viticultura, la estrategia más sostenible para el control de las enfermedades del viñedo sería la obtención de variedades resistentes a partir de variedades tradicionales mediante mejora genética. El objetivo de este estudio fue valorar agronómicamente 9 variedades comerciales resistentes a oídio y mildiu, en el marco de la DOCa Rioja. Para ello, se eligieron 4 variedades tintas y 5 blancas, plantadas en 2017, en un diseño de bloques al azar con tres replicaciones situadas en la finca Valdegón (Comunidad Autónoma de La Rioja). Tempranillo y Viura se usaron como testigos. Se tomaron datos de fenología, rendimiento, peso de baya y parámetros del mosto. Los resultados mostraron diferencias significativas en el comportamiento agronómico de estas variedades. Los resultados muestran un adelanto del ciclo productivo con fechas de floración, envero y madurez significativamente más tempranas que los testigos. Los resultados serán útiles en la valoración de la repercusión de los genes de resistencia en el comportamiento agronómico de las variedades.

Palabras clave: *Vitis vinífera*, PIWI, oídio, mildiu, híbridos interespecíficos**.**

INTRODUCCIÓN

La vid (*Vitis vinifera* L.) es el cultivo de la UE con mayor consumo en fitosanitarios. La preocupación por la sostenibilidad de la viticultura y las restricciones en el uso de materias activas hacen necesario el desarrollo de nuevas estrategias de manejo. En este sentido, en varios países se han desarrollado programas orientados a la obtención de variedades resistentes a las enfermedades provocadas por los hongos *Erysiphe necator* y *Plasmopara vitícola* (oídio y mildiu respectivamente) que son las causantes de las mayores pérdidas económicas en el cultivo de la vid.

Programas de mejora genética en Francia (INRA), Italia (Vivai Cooperativi Rauscedo) y Alemania (Julius Khun Institut) entre otros, han permitido crear un catálogo de variedades resistentes, llamadas PIWIS (https://piwi-international.de/en/about-piwi/piwi-grapes). Actualmente algunas de estas variedades han sido autorizadas en varias regiones europeas para su cultivo experimental o comercial. En España, en el Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario (IMIDA) se ha iniciado un programa para la obtención de nuevos materiales resistentes con la variedad Monastrell (Ruiz et al., 2021). Por otro lado,

una iniciativa privada en Cataluña ha generado PIWIS a partir de variedades del Penedés, Xarel-lo, Macabeu, etc. (https://www.interempresas.net/Vitivinicola/Articulos/204621). El objetivo de estas iniciativas es obtener variedades resistentes a partir de material vegetal adaptado a cada zona vitícola.

El estudio del comportamiento de estas variedades en diferentes zonas vitícolas es el siguiente paso para el desarrollo de las PIWIS (Casanova-Gascón et al. 2019). Estas PIWIS están siendo ya evaluadas con el fin de crear una marca de vinos más sostenible y diferenciada de los vinos ecológicos y que cubran la demanda de los consumidores más preocupados por el medio ambiente.

El objetivo de este trabajo fue analizar el comportamiento agronómico de nueve variedades comerciales resistentes a oídio y mildiu en La Rioja. Los resultados serán útiles para valorar la adaptación y aceptación de estas variedades en la DOCa Rioja.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal

El viñedo experimental está emplazado en una parcela de la Finca Valdegón, propiedad de la Comunidad Autónoma de La Rioja, situada en el término municipal de Agoncillo. Se utilizaron cuatro variedades tintas (Cabernet Eidos, Cabernet Volos, Julius y Merlot Khourus), y cinco blancas (Fleurtal, Sauvignon Kretos, Sauvignon Nepis, Sauvignon Rytos, y Soreli). Como testigos se utilizaron Tempranillo y Viura.

El diseño experimental consistió en bloques al azar con tres replicaciones, dispuestos con un marco de plantación de 3 m x 1 m. La unidad experimental está formada por 15 cepas de cada variedad. El viñedo se dispone en espaldera con sistema de formación de doble cordón Royat y riego por goteo. Se realizaron 3 riegos en la campaña aplicando un caudal de 2 l/h. El sistema de mantenimiento del suelo consistió en mulching de paja en la línea y laboreo en la calle.

Fenotipado

Se realizó un seguimiento de los estados fenológicos de la vid (Salazar and López Cortes 2009). La toma de datos fenológicos comenzó en botón floral aglomerado (G15) hasta la maduración, se tomaron 2 veces por semana hasta el envero y a partir del envero 3 veces por semana. La vendimia se realizó cuando las variedades blancas superaron un valor de 12° Baumé y las tintas un valor de 13 Baumé. Se procesaron tres cepas por variedad y bloque, tomando datos de número de racimos y rendimiento por cepa (kg/cepa). El peso de 100 bayas (g/baya), la acidez total (g/L de ácido tartárico), el pH y el grado probable del mosto (Baumé), se midieron por duplicado en el laboratorio.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS V. 25. La comparación en los estados fenológicos, producción y características del mosto se realizó mediante ANOVA seguido de test de Duncan con un nivel de significación $p < 0.05$. El mismo método se aplicó para la comparación entre blancas y tintas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estado sanitario de todas las cepas fue óptimo, con ausencia de sintomatología de mildiu y oídio, probablemente debido a las altas temperaturas y baja pluviometría de esta campaña. Se detectaron diferencias significativas entre variedades para todos los caracteres evaluados.

La variedad más productiva fue Viura, seguida de Soreli. Las variedades Julius y S. Nepis fueron las menos productivas. S. Rytos y C. Eidos mostraron un número de racimos significativamente mayor, frente a 'Tempranillo', 'Viura' y 'Julius' (tabla 1). El mayor peso medio del racimo fue observado en Viura, destacando 'S. Nepis' por mostrar valores de peso significativamente menores. Todas las variedades tintas mostraron un peso medio de baya significativamente menor que Tempranillo mientras que solo Fleurtal presentó un peso medio similar a Viura, siendo las otras cuatro variedades blancas de peso de baya significativamente menor que el testigo (Tabla 1).

En el estudio de las características del mosto, fue destacable la alta acidez de la variedad S. Nepis, muy superior al resto de variedades (Tabla 1) a pesar de las elevadas temperaturas registradas en esta campaña. Esta observación confirma los datos publicados en la ficha técnica de la variedad (https://www.vivairauscedo.com/es/ficha-producto/sauvignon-nepis/). La acidez de Soreli fue similar a las de los testigos. Fleurtal presentó el pH más elevado, seguida de Tempranillo y C. Eidos, mientras Viura mostró un pH relativamente bajo, similar a M. Khourus.

El seguimiento de la fenología se muestra en la Figura 1. Las variedades más tempranas fueron S. Nepis y Julius, las más tardías Soreli y M. Khourus. Entre las diferencias encontradas en la duración en cada uno de los periodos analizados, destacan el mayor periodo de C. Eidos para alcanzar el tamaño guisante en baya, y Fleurtal, que presentó el periodo de floración y de compactación del racimo más largo. En las variedades tintas, el periodo de envero más corto lo presentó Fleurtal, y el más largo M. Khourus, que fue acompañado con el periodo principio – final de envero más corto (Figura 2).

Estas variedades pueden ser una importante herramienta para el control de enfermedades fúngicas, ya que la variabilidad encontrada en el comportamiento agronómico permitirá la adaptación a ambientes diversos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está financiado por la Comunidad Autónoma de la Rioja a través del proyecto 2021/08 "Valorización de variedades resistentes a enfermedades para mejorar la sostenibilidad del viñedo: percepción de los consumidores". El material vegetal ha sido cedido por Agromillora. Se agradece la colaboración de Enrique García-Escudero y del personal del CIDA, Gobierno de la Rioja.

REFERENCIAS

Casanova-Gascón, J., Ferrer-Martín, C., Bernad-Eustaquio, A., Elbaile-Mur, A., Ayuso-

Rodríguez, J.M., Torres-Sánchez, S., Jarne-Casasús, A. and, Martín-Ramos, P. 2019. Comportamiento de variedades de vid resistentes a enfermedades fúngicas en la comarca del Somontano. X Congreso Ibérico de Agroingeniería. Huesca, 03-06 sept. 2019. doi: 10.26754/c_agroing.2019.com.3447

Salazar, D.M. and López Cortes, I. 2009. Ampelografía básica de patrones vitícolas. Tomo II. Univ. Politécnica Valencia, Valencia.

Ruiz-García, L., Gago, P., Martínez-Mora, C., Santiago, J.L., Fernández-López, D.J., Martínez, M.C., and Boso, S. 2021. Evaluation and Pre-selection of New Grapevine Genotypes Resistant to Downy and Powdery Mildew, Obtained by Cross-Breeding Programs in Spain. Frontiers in Plant Science. doi: 10.3389/fpls.2021.674510.

Figuras

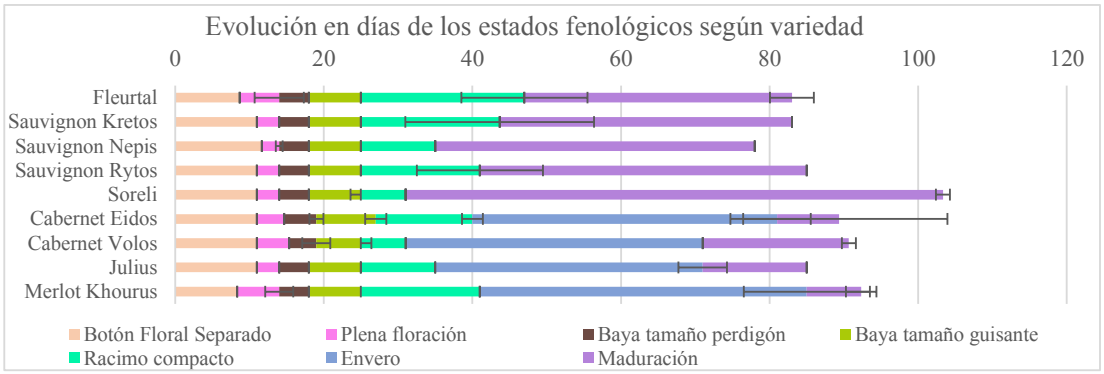


Figura 1. Evolución fenología.

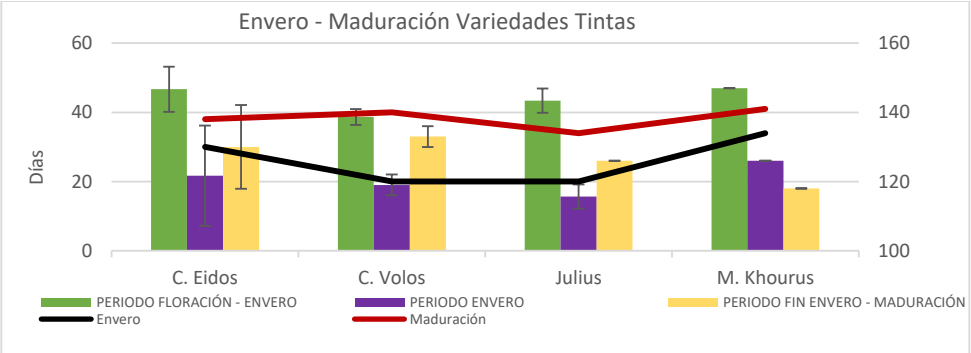


Figura 2. Periodos fenológicos en variedades tintas.

Tablas

Tabla 1 Caracteres agronómicos y parámetros del mosto

		Caracteres Agronómicos			Parámetros Mosto		
	Rendimiento (kg/cepa)	**Número de racimos**	**Peso medio racimo (g)**	**Peso Baya (g)**	**Grado Baumé**	**Acidez Total (g/L)**	**pH**
Fleurtal	4 ± 1 ^{d,e}	20 ± 3 ^{bc}	216,7 ± 0,0	1,4 ± 0,1 ^{c}	12,3 ± 1,1 ^{b}	5,7 ± 2,4 ^{b}	3,77 ± 0,15 ^{e}
Sauvignon Kretos	3 ± 2 ^{a,b,c}	16 ± 4 ^{d}	166,7 ± 0,1	1,1 ± 0,2 ^{a,b}	13,6 ± 0,7 ^{d,e}	6,6 ± 2,1 ^{b,c}	3,43 ± 0,13 ^{b,c,d}
Sauvignon Nepis	2 ± 0 ^{a,b,c,d}	16 ± 4 ^{ab}	100,0 ± 0,0	1,2 ± 0,2 ^{a,b}	13,2 ± 0,3 ^{c,d}	14,6 ± 0,7 ^{b,c}	3,44 ± 0,05 ^{b,c,d}
Sauvignon Rytos	3 ± 1 ^{a}	27 ± 5 ^{a}	100,0 ± 0,0	1,1 ± 0,1 ^{a,b}	14,2 ± 0,3 ^{c}	7,0 ± 1,0 ^{e}	3,43 ± 0,12 ^{b,c,d}
Soreli	5 ± 1 ^{e}	22 ± 4 ^{cd}	233,3 ± 0,0	1,3 ± 0,1 ^{b}	13,0 ± 0,4 ^{c}	3,8 ± 0,2 ^{a}	3,43 ± 0,10 ^{b,c,d}
Viura	7 ± 2 ^{f}	15 ± 5 ^{ab}	466,6 ± 0,0	1,5 ± 0,2 ^{c}	11,0 ± 0,0 ^{a}	3,5 ± 0,4 ^{a}	3,31 ± 0,17 ^{a,b}
Cabernet Eidos	3 ± 1 ^{b,c,d}	26 ± 4 ^{a}	136,6 ± 0,0	1,5 ± 0,1 ^{c}	13,4 ± 0,4 ^{c}	5,9 ± 0,5 ^{b}	3,56 ± 0,15 ^{d}
Cabernet Volos	4 ± 1 ^{c,d,e}	25 ± 3 ^{d}	156,6 ± 0,0	1,1 ± 0,2 ^{a,b}	14,5 ± 0,5 ^{e}	5,8 ± 0,4 ^{b}	3,49 ± 0,15 ^{c,d}
Julius	2 ± 1 ^{a,b}	13 ± 4 ^{cd}	154,4 ± 0,0	1,3 ± 0,1 ^{b}	15,5 ± 0,4 ^{f}	7,7 ± 0,9 ^{c}	3,24 ± 0,14 ^{a}
Merlot Khourus	3 ± 1 ^{a,b,c}	22 ± 6 ^{d}	115,6 ± 0,0	1,0 ± 0,1 ^{a}	13,6 ± 1,1 ^{c,d}	9,2 ± 0,5 ^{d}	3,35 ± 0,05 ^{a,b,c}
Tempranillo	4 ± 3 ^{c,d,e}	14 ± 7 ^{a}	280,0 ± 0,1	1,9 ± 0,2 ^{d}	13,4 ± 0,5 ^{c}	3,6 ± 0,2 ^{a}	3,57 ± 0,28 ^{d}

Caracterización genética y de caracteres reproductivos en variedades de vid sin semilla de Armenia

A. Nebish[1,2*], P. Carbonell-Bejerano[1], C. Royo[1], J. Tello[1], Y. Ferradás[1], J. Valera[3], M.-T. Coronado-Parra[4], C. Obón[5], D. Rivera[3], J. Ibáñez[1] y J. M. Martínez-Zapater[1]

[1] Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC, UR, Gobierno de la Rioja), 26007, Logroño, España
[2] Departamento de Genética y Citología, Universidad Estatal de Ereván, 0025, Ereván, Armenia
[3] Departamento Biología Vegetal, Facultad Biología, Universidad de Murcia, 30100, Murcia, España
[4] Servicio de Microscopía, Área Científica y Técnica de Investigación, Microscopía, Universidad de Murcia, 30100, Murcia, España
[5] Escuela Politécnica Superior de Orihuela, Departamento de Biología Aplicada, Universidad Miguel Hernández, 03312, Orihuela, Alicante, España
* *anna.nebish@icvv.es*

Resumen

La apirenia de la mayoría de las variedades comerciales de la vid (*Vitis vinifera* L.) procede de 'Sultanina', una variedad con origen en Asia Menor. El principal objetivo de este trabajo ha sido la caracterización de posibles fuentes alternativas de apirenia en el germoplasma armenio. Se han estudiado 40 accesiones apirenas de las colecciones armenias de vid en Echmiadzin (ARM006) y en Nalbandyan (ARM011), así como de explotaciones privadas de la región de Armavir (Armenia). El análisis fenotípico de bayas se realizó de acuerdo con los descriptores de la OIV, y el análisis genético mediante el estudio de la mutación causal de apirenia en Sultanina en el gen *VviAGL11* y del marcador *VviAPT3* ligado al locus del sexo. El análisis de viabilidad y morfología de los granos de polen se visualizó por microscopía óptica y electrónica de barrido. El análisis fenotípico de bayas reveló una amplia variación en el peso de las mismas, así como en la formación de rudimentos seminales. Las flores de nueve cultivares son hermafroditas con un alto nivel de viabilidad del polen. La accesión 'Karmir kishmish' se caracterizó por tener flores funcionalmente femeninas con baja viabilidad de polen y se confirmó genéticamente con *VviAPT3*. El análisis de microscopía mostró que los granos de polen de las flores hermafroditas tienen forma esferoidal con 3 colporaciones y numerosas perforaciones, mientras que el de la variedad 'Karmir kishmish' es también esferoidal, pero acolporado y con menos perforaciones. El análisis genético reveló que todas las accesiones portan la mutación puntual dominante en *VviAGL11* que causa la estenospermocarpia en 'Sultanina'. De hecho, el análisis de 7 marcadores SSR y 48 SNPs demostró que todas son descendientes de la misma. Este estudio confirma que las variedades apirenas armenias descienden de 'Sultanina', y motiva la búsqueda de otros determinantes genéticos que causen variación en el contenido de semillas de las uvas para utilizar como fuentes alternativas en programas de mejora de uva de mesa.

Palabras clave: *Vitis vinífera* L., 'Sultanina', Polen, Genes *VviAGL11* y *VviAPT3*,

Microscopía electrónica de barrido.

INTRODUCCIÓN

La vid (*Vitis vinifera* L.) es uno de los principales cultivos frutales de gran difusión y de importancia comercial en el mundo. Su cultivo comenzó durante el Neolítico (> 6000 a. C.) en las tierras altas de la región de Transcaucásia a partir de su progenitor silvestre *V. vinifera* L. subsp. *sylvestris* (Arroyo-García et al., 2006). La apirenia en uvas es un rasgo muy apreciado para producción de uva de mesa o pasas y la mayoría de variedades comerciales apirenas procede de 'Sultanina', una variedad estenospermocarpica con origen en Asia Menor. La mutación responsable se localizó en el gen *VvAGL11*, Arg197Leu, que se requiere para el normal desarrollo de la cubierta de la semilla. Esta mutación es la causa principal de la falta de semillas en variedades estenospermocárpicas de vid cultivadas (Malabarba et al., 2017; Royo et al., 2018). Por otra parte, el sexo de la flor, determinado por un conjunto de genes en el locus del sexo (Fechter et al., 2012), puede afectar indirectamente al número de semillas, ya que las flores femeninas necesitan la polinización externa y, por lo tanto, tienen una fertilización menos efectiva (Ocarez et al., 2020). El principal objetivo de este trabajo ha sido la caracterización genética y de caracteres reproductivos del germoplasma de vid armenio sin semilla.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal

Los materiales de partida fueron plantas de 40 accesiones apirenas procedentes de las colecciones armenias de vid del Centro Científico de Agricultura de Ministerio de Agricultura e Echmiadzin (ARM006) y de la Academia Nacional de Viticultura, Enología y Pomología en Nalbandyan (ARM011), así como de explotaciones privadas de la región de Armavir (Armenia).

Análisis fenotípico

En cada accesión se realizó el análisis fenotípico de 30 bayas de 4 racimos. Las bayas y rudimentos seminales se caracterizaron cualitativamente con unos descriptores de la OIV, peso de bayas y número de rudimentos de semillas y residuos de óvulos. Para el tratamiento estadístico de los datos se utilizó el programa IBM SPSS Statistica 19.

Análisis genético

La extracción de ADN se llevó a cabo a partir de hojas jóvenes de 40 accesiones con el protocolo de NZY Plant/Fungi gDNA Isolación kit (NZYTech). Para identificar las distintas accesiones las accesiones se genotiparon con siete marcadores microsatélites (Simple Sequence Repeats, SSR): VVMD5, VVMD7, VVMD27, VVMD32, VVS2, VrZAG62 y VrZAG79 (www.vivc.de) y 48 Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs) (Ibañez et al., 2009; Cabezas et al., 2011). El análisis genético de la mutación causal de apirenia y el sexo de la flor se realizó con el genotipado del gen *VviAGL11* y del marcador microsatélite *VviAPT3* ligado al locus sexual mediante PCR y secuenciación Sanger (Fechter et al., 2012; Royo et al., 2018).

Análisis microscópico de polen

El estereomicroscopio Zeiss SteREO Discovery V20, y las imágenes con una cámara Zeiss AxioCam y el software AxioVision (v. 4.8, Zeiss) se usaron para analizar la viabilidad del polen de 10 genotipos únicos con tinción de Alexander (Peterson et al., 2010). El análisis de la morfología de los granos de polen se realizó con microscopía electrónica de barrido de emisión de campo (ApreoS, Thermofisher) en la Universidad de Murcia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización genética de las 40 accesiones incluidas en este trabajo para 7 SSRs y 48 SNPs reveló 10 perfiles genéticos distintos (Tabla 1). Tras comparar estos perfiles con los almacenados en las bases de datos del *V*IVC y del ICVV, se identificaron nueve de estos perfiles como variedades de uva de mesa ('Sultanina', 'Kishmish Chernyi', 'Anush', 'Eskeri', 'Hrushaki', 'Karmir Yerevani', 'Kishmish Khishrau', 'Kishmish Moldavskii', y 'Parvana'), mientras que el perfil de la accesión 'Karmir Kishmish' no coincidió con ninguno de los perfiles incluidos en dichas bases de datos. El análisis fenotípico de las bayas de estas variedades reveló una amplia variación en su peso, así como en la formación de los rudimentos de las semillas y residuos de óvulos. Las medias obtenidas para los parámetros analizados se muestran en la Tabla 1. Las tres variedades ('Sultanina', 'Karmir Kishmish' y 'Karmir Yerevani') sólo produjeron bayas pequeñas con un peso medio de 0.89-1.14g y hasta 1,02 rudimentos seminales por baya. Por el contrario, los valores más altos se observaron en variedades con un peso de baya de entre 2 y 3.7 g, como es el caso de 'Parvana'. Las bayas de 'Anush', 'Eskeri', 'Kishmish Khishrau', 'Kishmish Chernyi', 'Kishmish Moldavskii' y 'Parvana' en su mayoría contienen rudimentos seminales flotantes, grandes y vacíos, y ocasionalmente unos residuos de óvulo.

Las flores de nueve variedades resultaron hermafroditas y presentaron viabilidad de polen superior al 70%. Sin embargo, la accesión 'Karmir kishmish' se caracterizó por presentar baja viabilidad de polen (49,9±8,76%). Genéticamente las variedades con viabilidad de polen alta son heterocigotas para los alelos femenino de *VviAPT3* (con un fragmento 269 o dos fragmentos: 269 y 396) y hermafrodita (465) (Fechter et al., 2012). En el caso de 'Karmir kishmish' las flores resultaron femeninas, así como el genotipo de *VviAPT3* (269/396) en el locus del sexo. Los parámetros fenotípicos de baya y rudimentos seminales no se diferenciaron en base al sexo de la flor entre 'Karmir Kishmish', con las flores femeninas, y 'Sultanina', con flores hermafroditas. El análisis de microscopía mostró que los granos de polen de las flores hermafroditas tienen forma esferoidal con 3 colporaciones y numerosas perforaciones, especialmente en 'Sultanina', mientras que el de la variedad 'Karmir kishmish' es también esferoidal, pero acolporado, funcionalmente estéril y con menos perforaciones (Fig. 1). La secuenciación dirigida del gen *VviAGL11* mostró que todos los genotipos analizados presentan la mutación puntual dominante (C>A) que causa la estenospermocarpia en 'Sultanina' y los cultivares apirenos derivados de 'Sultanina'. Esta mutación se presentó en heterocigosis en todos los casos. De hecho, el pedigrí descrito para las variedades identificadas pone de manifiesto su relación con ‘Sultanina’.

Este estudio confirma que las variedades apirenas armenias analizadas en este trabajo descienden de 'Sultanina', y motiva la búsqueda de otros determinantes genéticos que causen variación en el contenido de semillas de las uvas y que puedan ser utilizados como fuentes alternativas de apirenia en programas de mejora de uva de mesa.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha podido realizarse gracias al soporte con muestras de la Fundación de la Vid y del Vino de Armenia y Voskehat centro científico de educación de ANAU. A.N. agradece la financiación del programa MSCA-IF (IF-EF-ST/0685-896290, GRAPEINNOVATION).

REFERENCIAS

Arroyo-García, R., Ruiz-Garcia, L., Bolling, L., Ocete, R., Lopez, M.A., Arnold, C., Ergul, A., Soylemezoglu, G., Uzun, H.I., Cabello, F., Ibáñez, J., etc. 2006. Multiple origins of cultivated grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp sativa) based on chloroplast DNA polymorphisms. Mol. Ecol., 15(12), 3707-3714.

Cabezas, J.A., Cervera, M.T., Ruiz-Garcia, L., Carreño, J. and Martinez-Zapater, J.M. 2006. A genetic analysis of seed and berry weight in grapevine. Genome 49 (12):1572-1585.

Cabezas, J. A., Ibáñez, J., Lijavetzky, D., Vélez, M. D., Bravo, G., Rodríguez, V., Carreño, I., Jermakow, A. M., Carreño, J., Ruiz-García, L., Thomas, M. R., & Martínez-Zapater, J. M. 2011. A 48 SNP set for grapevine cultivar identification. BMC Plant Biol., 11, 153.

Fechter, I., Hausmann, L., Daum, M. Rosleff Sörensen, T., Viehöver,P., Weisshaar, B. and Töpfer, R. 2012. Candidate genes within a 143 kb region of the flower sex locus in Vitis. Mol. Genet. Genomics 287, 247–259.

Ibáñez, J., Vélez, M., de Andrés, M. T. and Borrego, J. 2009. Molecular markers for establishing distinctness in vegetatively propagated crops: a case study in grapevine. Theor. and Appl. Genet., 119(7), 1213-1222.

Malabarba, J., Buffon, V., Mariath, J.E.A., Gaeta, M.L., Dornelas, M.C., Margis-Pinheiro, M., Pasquali, G. and Revers, L.F. The MADS-box gene Agamous-like 11 is essential for seed morphogenesis in grapevine. J. Exp. Bot. 2017; 68(7):1493-1506.

Melyan, G. and Nersisyan, A. 2019. Ampelography: the short ampelographic description of the indigenous and selection grapevine varieties cultivated and prospective of the Republic of Armenia. Edgar print.

Nebish, A., Tello, J., Ferradás, Y., Muradyan, Z., Ibáñez, J. and Martínez-Zapater, J.M. 2022. Phenotypic variation and genetic origin of seedless grapevine varieties in Armenia. IV Annual Meeting of COST Action CA17111 INTEGRAPE: International Conference on Data integration for grapevine research in the context of environmental transition. Lemesos, Cyprus, March, p. 20.

Ocarez, N., Jiménez, N., Núñez, R., Perniola, R., Marsico, A.D., Cardone, M.F., Bergamini, C. and Mejía, N. 2020. Unraveling the Deep Genetic Architecture for Seedlessness in Grapevine and the Development and Validation of a New Set of Markers for *VviAGL11*-Based Gene-Assisted Selection. Genes (Basel). 11(2):151.

Peterson, R., Slovin, J.P. and Chen, C. 2010. A simplified method for differential staining of aborted and non-aborted pollen grains. Int. J. of Plant Biol.; 1, 13:66-69.

Royo, C., Torres-Pérez, R., Mauri, N., Diestro N., Cabezas, J.A., Marchal, C., Lacombe, T., Ibáñez, J., Tornel, M., Carreño, J., Martínez-Zapater, J.M. and Carbonell-Bejerano, P. 2018. The Major Origin of Seedless Grapes Is Associated with a Missense Mutation in the MADS-Box Gene *VviAGL11*. Plant Physiol. 177(3):1234-1253.

Tabla 1. Características fenotípicas de las accesiones apirenas.

Variedad, V*IVC*	CodigoV*IVC*	Numero de muestras	Origen genético VIVC	Peso de bayas, g ± DM	Número de rudimentos por baya	Número de residuos de óvulo por baya
Sultanina	12051	13	Desconocido	1.14±0.08	0	1.02
Karmir Kishmish	N/A	2	Desconocido	1.13±0.12	0	0.87
Kishmish Chernyi	6256	4	Desconocido	2.03±0.10	0.65	1.04
Eskeri	3960	5	Sultanina x Blanc D'iran	2.37±0.13	0.92	0.23
Hrushaki	10412	4	Mskhali x Sultanina	1.77±0.12	0.52	1.05
Karmir Yerevani	12896	4	Arevik Spitak x Sultanina	0.89±0.11	0	0.86
Anush	16457	2	Armenia x Eskeri	1.75±0.15	0.48	0.2
Kishmish Khishrau	6258	2	Angur Kalan x Kishmish Chernyi	2.72±0.19	1.95	0.21
Kishmish Moldavskii	14053	1	Pobeda x Kishmish Rozovyi	1.95±0.14	1.38	0
Parvana	14068	3	Katta Kurgan x Kishmish Khishrau	3.74±0.36	1.80	0

A

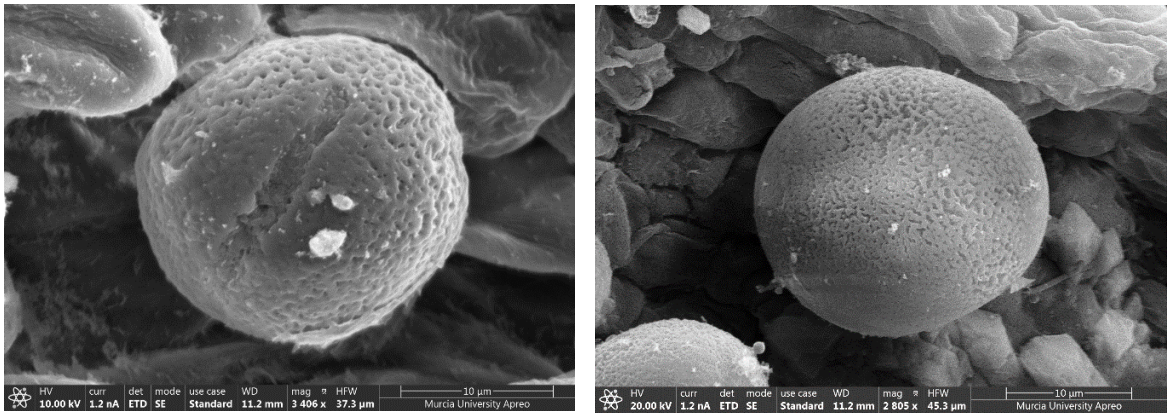


Figura 1. Micrografías en MEB del polen de las variedades 'Sultanina' (A) y 'Karmir Kishmish' (B).

Impacto de la localización geográfica en el perfil fenólico de variedades blancas minoritarias cultivadas en España

Daniel Moreno[1*], Anna Puig[2], Gregorio Muñoz[3] grupo MINORVIN[4] y M. Esperanza Valdés[1]

[1]Instituto Tecnológico Agroalimentario de Extremadura (CICYTEX), Área de Enología, Junta de Extremadura, Badajoz, España. Avenida Adolfo Suárez s/n, 06071 Badajoz, España. [2]Institut Català de la Vinya i el Vi (INCAVI)- Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) Plaça Àgora, 2. 08720 Vilafranca del Penedès, (Barcelona), España.

[3]Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA), Finca El Encín, 28805 Alcalá de Henares (Madrid), España.

[4] Integrantes Valorización de variedades minoritarias de vid por su potencial para la diversificación vitivinícola y de resiliencia al cambio climático (MINORVIN) RTI2018-101085-R-C00.

**Daniel Moreno: daniel.moreno@juntaex.es*

Resumen

En este trabajo se presenta el perfil fenólico de uvas de 6 variedades blancas de *Vitis vinifera* L. consideradas minoritarias (‘Albana’, ‘Cagarrizo’, ‘Castellana Blanca’, ‘Hebén’, ‘Jarrosuelto’ y ‘Zurieles’) y cultivadas en seis zonas vitivinícolas españolas (Aragón, Castilla-La Mancha, Cataluña, Extremadura, Madrid y Navarra) durante la campaña 2020. Los compuestos fenólicos se extrajeron de las uvas recolectadas. Se identificaron y cuantificaron por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y la actividad antioxidante (AA, mmol equivalentes de trolox (TE)·g^{-1} de uva fresca). Se analizaron 20 compuestos agrupados en flavanoles (FLAVA), flavonoles (FLAVO), ácidos fenólicos (AC) [ácidos hidroxicinámicos (HA) + ácidos benzoicos (BA)] y estilbenos (ST) y fenoles totales (ΣCF). Los resultados se sometieron a un ANOVA de dos vías (MANOVA) para analizar el efecto de la variedad, zona y la interacción de ambos factores en cada familia fenólica y en la actividad antioxidante. Los valores de fenoles totales variaron entre 182,82 mg. kg^{-1} uva fresca para la variedad ‘Jarrosuelto’ cultivada en Aragón y 856,26 para ‘Cagarrizo’ en Extremadura y los de AA entre 31,93 mmol TE· g^{-1} de uva fresca para ‘Heben’ en Extremadura y 14,25 para ‘Jarrosuelto’ en Navarra. El ANOVA indicó un efecto significativo para los efectos zona y variedad. La interacción variedad x zona de cultivo también fue significativa (p > 0,05) con la excepción de los ST. Por familias, la mayor variabilidad correspondió al ΣFLAVA y ΣFLAVO. El factor “zona”, que incluye la localización geográfica y sus correspondiente características edafoclimaticas, ejerció una mayor influencia sobre los flavonoles, ácidos fenólicos y estilbenos, mientras que el factor “variedad” mostró una mayor incidencia sobre la composición de flavanoles de las uvas analizadas de las distintas zonas vitivinícolas.

Palabras clave: Flavanoles, flavonoles, ácidos fenólicos, "*terroir*".

INTRODUCCIÓN

Los compuestos fenólicos pueden diferenciarse en compuestos flavonoides, como flavonoles (FLAVO), flavan-3-oles (FLAVA), y compuestos no flavonoides como los ácidos hidroxibenzoicos (BA) e hidroxicinámicos (AH) y sus ésteres, y los estilbenos (ST). La cantidad de estos compuestos depende en gran medida de la variedad (Monagas et al., 2003), de los factores ambientales (Vilanova et al., 2015), de las técnicas agronómicas (Moreno et al., 2022), del "terroir" (Vilanova et al., 2015) y de la interacción variedad-"terroir" (Valdés et al., 2022). Los polifenoles o compuestos fenólicos se han empleado para la caracterización varietal (Ferrandino et al., 2012), por lo que su análisis puede resultar una herramienta interesante para el estudio de variedades minoritarias. Se define como variedad minoritaria: aquella variedad cuya superficie de cultivo está por debajo de 1.000 ha a nivel nacional) y que se encontraba citada como variedad cultivada antes del ataque filoxérico, así como aquellas que no existen en el Registro Vitícola y que aparecen en varias parcelas de más de 70 años en una o más Comunidades Autónomas. En la actualidad aún son escasos los estudios sobre las características enológicas de las uvas procedentes de esas variedades. El objetivo de este trabajo se centra en analizar la incidencia de los factores variedad y zona y su interacción sobre el contenido fenólico y la actividad antioxidante (AA) de uvas blancas de variedades minoritarias de *Vitis vinifera* L. cultivadas en diferentes zonas vitícolas de España.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las seis variedades minoritarias analizadas en este trabajo se cultivan en diferentes viñedos localizados en Aragón (AR), Castilla-La Mancha (CLM), Cataluña (CAT), Extremadura (EX), Madrid (M) y Navarra (NA). Se procesaron uvas recolectadas en 2020 de las siguientes variedades: 'Albana' (AR y CAT), 'Cagarrizo' (EX y M), 'Castellana Blanca' (M y NA), 'Hebén' (EX, M y NA), 'Jarrosuelto' (AR, CLM y NA) y 'Zurieles' (CLM y EX). La extracción de los compuestos fenólicos de las uvas se realizó mediante una solución metanólica según Portu et al. (2016). A los extractos se les determinó la actividad antioxidante (AA, mM Equivalente de trolox (TE)· g^{-1} de uva fresca) (Thaipong et al. 2006). Los compuestos fenólicos se identificaron y cuantificaron mediante HPLC (Agilent 1200 LC system, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, EEUU) según la metodología descrita por Castillo-Muñoz et al. (2009), agrupándose en flavanoles (ΣFLAVA, mg catequina·kg^{-1} uva fresca), flavonoles (ΣFLAVO, mg quercetina·kg^{-1} uva fresca), ácidos fenólicos (ΣAC=ΣHA+ΣBA, mg ácido cafeico·kg^{-1} uva fresca), estilbenos (ST, mg t-resveratrol·kg^{-1} uva fresca), y fenoles totales (ΣCF). Los datos fueron sometidos a un ANOVA de dos vías (MANOVA) (variedad, zona, variedad x zona), test de Tukey y a un análisis de agrupación jerárquica (cluster) utilizando el paquete estadístico XLStat (Addinsoft, París).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registraron valores de ΣCF desde 182,82 ('Jarrosuelto'-AR) a 856,26 mg·kg^{-1} ('Cagarrizo'-EX) y en el caso de AA desde 31,93 ('Heben'-EX) a 14,25 mM TE·g^{-1} ('Jarrosuelto'-NA) (Tabla 1). Los efectos

variedad (V) y zona (Z) fueron significativos para todos los parámetros y en todas las familias fenólicas analizadas. La interacción V x Z fue significativa también con la excepción de los ST. El porcentaje de variación debida a la interacción V x Z fue mínimo en el caso de ΣFLAVO (4,24 %), en tanto que el máximo se detectó en AA (12,3 %). Por familias, la mayor variabilidad debida a la V correspondió ΣFLAVA (63,22 %), mientras que a la Z correspondió a ΣFLAVO (78,27 %). En esta última familia los valores más bajos se registraron en las muestras procedentes de zonas situadas más al Sur de la Península Ibérica. El análisis cluster proporcionó un dendrograma en el que se aprecian 4 grupos (Fig.1A). El grupo 1 incluyó a las muestras de 'Cagarrizo'-EX y 'Hebén'-EX, el grupo 2 incluyó a 'Castellana Blanca'-MA y a 'Albana'-AR y CA y el grupo 4 englobó a 'Zurieles'-EX y 'Jarrosuelto'-AR. En el grupo 3 se incluyeron el resto de muestras procedentes de CML, MA y NA. Las muestras de los grupos 1 y 2 mostraron una mayor concentración de compuestos fenólicos que las de los grupos 3 y 4 (Fig.1B). Los compuestos FLAVA fueron mayoritarios en los grupos 1 y 2. Las muestras del grupo 3 se caracterizaron por presentar una mayor concentración de ST. En base a estos resultados, se puede concluir que la zona de cultivo ejerció una mayor influencia sobre los flavonoles, ácidos fenólicos y estilbenos, mientras que para el carácter varietal la mayor variación se correspondió con la composición de flavanoles.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos: Subproyecto RTI2018-101085-R-C33. "Valorización de variedades minoritarias de vid por su potencial de diversificación vitivinícola y resiliencia al cambio climático (MINORVIN)", financiado por MICINN/AEI/ FEDER, UE.

REFERENCIAS

Castillo-Muñoz, N.; Fernández-González, M.; Gómez-Alonso, S.; García-Romero, E.; Hermosín-Gutiérrez, I. 2009. Red-color related phenolic composition of Garnacha Tintorera (*Vitis vinifera* L.) grapes and red wines. J. Agric. Food Chem. 57: 7883-7891. 601.

Ferrandino, A.; Carra, A.; Rolle, L.; Schneider, A.; Schubert, A. 2012. Profiling of hydroxycinnamoyl tartrates and acylated anthocyanins in the skin of 34 *Vitis vinifera* genotypes. J Agric Food Chem. 16;60 (a sogio19): 4931-45.

Monagas, M.; Gómez-Cordovés, C.; Bartolomé, B.; Laureano, O.; Ricardo da Silva, J.M. 2003. Monomeric, oligomeric, and polymeric flavan-3-ol composition of wines and grapes from *Vitis vinifera* L. Cv. Graciano, Tempranillo, and Cabernet Sauvignon. J Agric Food Chem. 51(22): 6475-6481.

Moreno, D.; Alarcón, M.V.; Uriarte, D.; Mancha, L.A.; Valdés, M.E. 2022. Vine irrigation through two shoot densities in flavonoid and non-flavonoid compounds in 'Tempranillo' grapes. Plants. 11(10):1378.

Portu, J.; López, R.; Baroja, E.; Santamaría, P.; Garde-Cerdán, T. 2016. Improvement of grape and wine phenolic content by foliar application to grapevine of three different elicitors: Methyl jasmonate, chitosan, and yeast extract. Food Chem. 201: 213-221.

Thaipong, K.; Boonprakob, U.; Crosby, K.; Cisneros-Zevallos, L.; Byrne, D.H. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. J. Food Compost. Anal. 19: 669–675.

Valdés, M.E.; Moreno, D.; Puig-Pujol, A.; Muñoz-Organero, G.; Grupo MINORVIN. 2022. Impact of geographical location on the

phenolic profile of minority varieties grown in Spain. II: red grapevines. In ClimWine Symposium I XIV th International Terroir Congress, Bordeaux, France, 3 8 July.
Vilanova, M.; Rodríguez, I.; Canosa, P.; Otero, I.; Gamero, E.; Moreno, D.; Talaverano, I.; Valdés, M.E. 2015. Variability in chemical composition of *Vitis vinifera* cv Mencía from different geographic areas and vintages in Ribeira Sacra (NW Spain). Food Chem. 169: 187–196.

Tablas

Tabla 1. Caracterización fenólica y actividad antioxidante (AA, mM TE· g^{-1} de uva fresca) de variedades minoritarias cultivadas en diferentes zonas vitícolas:

Zona	Variedad	ΣFLAVA	ΣFLAVO	ΣAC	ΣST	CF	AA
Cataluña	Albana	468,22 bcd	39,54 de	11,83 cdef	1,22 ab	525,39 bc	25.47 b
Aragón		728,27 a	29,62 de	14,75 bc	0,97 ab	773,61 a	30.05 a
Madrid	Cagarrizo	278,57 def	60,71 cd	3,55 f	2,12 ab	348,11 cde	20.21de
Extremadura		600,57 ab	226,64 a	21,94 b	0,28 b	856,26 a	18.26 ef
Madrid	Castellana Blanca	512,19 bc	52,31 d	10,16 cdef	0,07 b	579,81 b	31.04 a
Navarra		271,01 def	34,81 de	5,94 def	1,79 ab	313,56 cde	15.81 fg
Madrid	Hebén'	256,11 ef	42,66 de	6,12 def	1,90 ab	310,40 cde	24.72 bc
Navarra		306,53 def	35,13 de	5,91 def	2,81 a	350,38 cde	21.53 d
Extremadura		589,73 ab	186,56 b	46,99 a	0,00 b	827,21 a	31.93 a
Castilla-La Mancha	Jarrosuelto	196,23 ef	42,00 de	11,67 cdef	2,48 a	255,06 de	16.85 f
Navarra		179,29 ef	25,03 de	14,03 bcd	1,60 ab	219,95 de	14.249 g
Aragón		154,91 f	18,60 e	8,99 cdef	0,38 b	182,88 e	14.67 g
Castilla-La Mancha	Zurieles	329,98 cde	52,11 d	3,92 ef	1,76 ab	391,25 bcd	26.20 b
Extremadura		221,54 ef	89,99 c	13,65 bcde	0,18 b	329,09 cde	22.60 cd
Significación							
Zona		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Variedad		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,037	< 0,0001	< 0,0001
Zona x Variedad		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,141	< 0,0001	< 0,0001
Porcentaje de variación							
Zona		19,15%	78,27%	50,40%	89,02%	43,00%	28,87%
Variedad		63,22%	14,33%	26,73%	3,60%	14,44%	53,89%
Zona x Variedad		9,62%	4,24%	15,57%	6,86%	6,23%	10,16%

Figuras

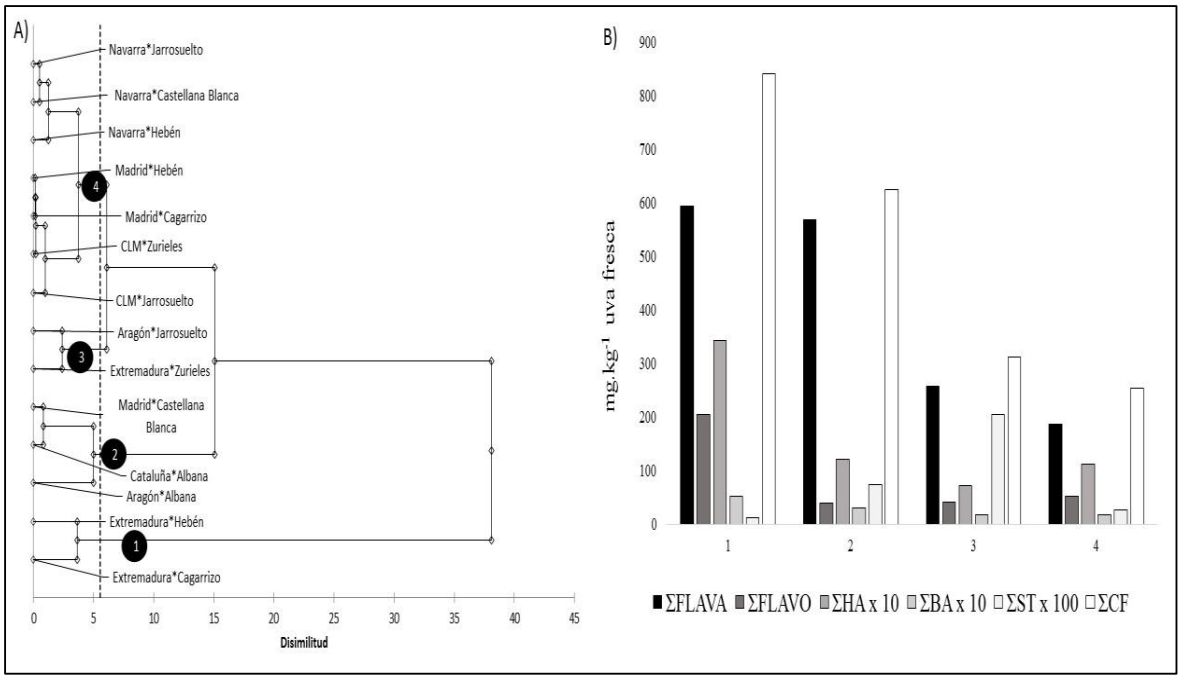


Figura 1. Dendrograma obtenido por el análisis jerárquico de cluster utilizando los valores fenólicos obtenidos para las diferente variedades analizadas (A). Perfil fenólico característico de las diferentes clases catalogadas en el cluster (B). ΣFLAVA: flavanoles; ΣFLAVO: flavonoles; BA: ácidos hidroxibenzoicos; HA: ácidos hidroxicinámicos; ST: estilbenos; ΣCF: Fenoles totales

Estudio de prevalencia de virosis de diferentes prospecciones en viñedos antiguos del norte de España

Sara Crespo-Martínez[1], María Ancín[1, 2], Oihane Oneka[1], Jorge Urrestarazu[1], Luis Gonzaga Santesteban[1]

[1]Dpto. Agronomía, Biotecnología y Alimentación, Universidad Pública de Navarra, Campus Arrosadia, 31006 Pamplona, Navarra, España

[2]Instituto de Agrobiotecnología, IdAB-CSIC, Av. Pamplona, 123, 31192 Mutilva Baja, Navarra, España

Sara Crespo Martínez: sara.crespo@unavarra.es

Resumen

En este trabajo se ha sondeado el estado sanitario de tres prospecciones de material vegetal realizadas en el norte de España (Navarra, Álava y Ribera de Duero). El testaje de virosis se realizó mediante dos técnicas: ELISA y RT-PCR y se analizó la presencia de los virus de testaje obligatorio (GFLV, GFkV, GLRaV-1 y -3), además del virus del enrollado 2 (GLRaV-2). Un total de 539 muestras fueron analizadas. Dentro de los virus de testaje obligatorio fue predominante el virus GFLV en las tres prospecciones con una incidencia de 18%, 27% y 60%, respectivamente. El segundo virus más frecuente fue el virus del jaspeado (Navarra 16%, Ribera de Duero 25% y Álava 31%). Los virus del enrollado (GLRaV-1 and -3) fueron los que presentaron menor incidencia en las tres prospecciones. Además de estos virus principales de declaración obligatoria, se testó el virus del enrollado 2 (GLRaV-2) cuya presencia fue muy elevada y varió entre el 56% en la prospección de Álava y el 16% en la prospección de Navarra. Con este trabajo se puede concluir que la prevalencia de virus en las tres prospecciones seguía el mismo patrón, si bien las tasas de incidencia variaron en las diferentes zonas geográficas.

Palabras clave: Virus de la vid, ELISA, RT-PCR, material vegetal

INTRODUCCIÓN

Dada la importancia de los síntomas provocados por algunas virosis de vid, la normativa europea en la Directiva 1968 establece la necesidad de testar para la presencia de los virus del entrenudo corto (Grapevine Fanleaf Virus, GFLV) y el virus del mosaico de Arabis (Arabis Mosaic Virus, ArMV) del género *Nepovirus*, los virus del entrenudo corto 1 y 3 (Grapevine Leafroll-associated Virus 1 and 3, GLRaV-1 y -3) del género *Ampelovirus*, y el virus del jaspeado (Grapevine Fleck Virus, GFkV) del género *Maculavirus*. Todos estos virus están ampliamente extendidos en España, si bien la presencia de ArMV es anecdótica. Por ello, una parte ineludible en los estudios de prospección de material antiguo es la de determinar el estado sanitario de ese material para garantizar la sanidad de su futura multiplicación.

Los síntomas de estas enfermedades son diversos. Una de las enfermedades víricas más virulentas en vid es el Entrenudo Corto, cuyos síntomas se caracterizan por la aparición de clorosis y la malformación de hojas y entrenudos, además de incluso provocar

mortalidad. En cuanto al virus del jaspeado, se trata de un virus latente en *Vitis vinifera* L con sintomatología evidente en algunos portainjertos americanos (*Vitis rupestris*). Finalmente, la sintomatología del virus del enrollado afecta tanto a las hojas, que se enrollan y tornan a un color rojizo, como al fruto, cuya calidad y cantidad se ve reducida. El menor vigor de la planta puede llegar a afectar a su longevidad (Meng et al. 2017). Todos estos virus han sido detectados en diferentes zonas geográficas de España, sin embargo, llegando a ser su incidencia muy elevada en diferentes regiones (Palomares-Rius et al. 2012, Bertolini et al. 2010, Pesqueira-Mendez et al. 2013, Fiore et al. 2016).

En este trabajo, los resultados de los testajes de virosis en diferentes prospecciones de material antiguo realizadas han permitido la generación de información acerca de la incidencia vírica en diferentes zonas del norte de España.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal

Durante las prospecciones realizadas, una en Navarra, otra en Álava y dos en Ribera de Duero, se seleccionaron plantas de viñedos antiguos que presentaban un patrón de mezcla de variedades, característico de las plantaciones antiguas. Las plantas de interés, por su ampelografía diversa, fueron seleccionadas para su identificación varietal, así como su estado sanitario. Para determinar su estado sanitario mediante ELISA se seleccionaron peciolos mientras que para PCR se utilizaron hojas antiguas. El material vegetal se conservó en frío hasta su uso.

Detección de virus

La presencia viral se realizó en dos fases: en una primera se determinó el estado sanitario de todas las plantas prospectadas por ELISA, ya que es un método económico; en una segunda fase, se testaron mediante RT-PCR las plantas que por ELISA resultaron libres de virus, dado que esta segunda técnica proporciona un mayor grado de sensibilidad.

Para la detección de virosis por métodos serológicos se utilizaron los kits de técnica serológica ELISA tipo sándwich ELISA complete kit para GFLV, GFkV y GLRaV- 1 & 3 (Bioreba AG). En resumen, la placa se recubrió con los anticuerpos específicos y se incubó (2.5 h a 37 °C), se realizó la extracción de proteína de los peciolos y se añadió a la placa para la posible generación del anticuerpo-antígeno (4ºC durante la noche), y se generó el conjugado sandwich añadiendo el anticuerpo de detección marcado (5h a 30ºC). El revelado ser realizó con el sustrato pNPP (1 mg/ml) y los resultados se leyeron a absorbancia 405nm. Para la detección de virus por RT-PCR, el aislamiento de ARN total de hojas se realizó con Spectrum Plant Total RNA Kit (Sigma-Aldrich) y se transcribieron 500 ng (PrimeScript RT Reagent Kit, Takara). Para la amplificación se usaron 10 ng de cDNA, 1x TB Green Premix Ex Taq II (Takara), 0,4 µM de cebadores directos e inversos y 1x ROX en un volumen final de 10 µl. Los cebadores para GFLV (F: TGGAACGGGACCACTATGGA y R: CAGGCGTTCGGTGATATGGA) y GFkV (F:CTGCTGTCTCTAGCTCTCGC y R: GAGGTGTAGGAGGACTCGGT fueron diseñados en este trabajo, mientras que los cebadores para GLRaV-1, GLRaV-2 y GLRaV-3 se tomaron de (Osman et al., 2007). La amplificación en tiempo real se llevó a cabo en un termociclador ABI StepOne Plus (Applied Biosystems) y las siguientes condiciones de amplificación fueron: 95 °C durante 5 s; 40 ciclos de 95 °C durante 15 s, 60 °C durante 1 min.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total, por zonas, 153 plantas de Navarra, 342 plantas de Ribera de Duero y 44 plantas de Álava fueron testadas para la presencia de las cinco virosis (GFLV, GFkV, GLRaV-1 and -3 y GLRaV-2). Dentro de las virosis de testaje obligatorio, GFLV fue la más frecuente, seguida de GFkV y siendo las menos frecuentes GLRaV-1 y GLRaV-3 (Fig. 1). Esta tendencia, si bien fue observada en las tres zonas geográficas estudiadas, fue más marcada en las prospecciones de Álava y Navarra que en la de Ribera de Duero, donde la incidencia de las virosis es más homogénea. Los estudios sobre la incidencia vírica en diferentes regiones son frecuentes. En el norte del continente americano (EE. UU. y Canadá), la incidencia del virus GFLV es escasa mientras que predomina la presencia de GLRaV-3 (Milkus y Goodman 1999, Martin et al 2005, Poojari et al. 2020). La incidencia en el sur del continente americano parece seguir otros patrones, siendo por ejemplo en Chile predominante GFkV (15%) seguido de GFLV y GLRaV-3 (6%) (Fiore et al. 2008). Volviendo al continente europeo, la incidencia de los virus de enrollado también es muy elevada en países como Croacia (mayor incidencia de GLRaV-3 que GFLV o GLRaV-1) o República Checa (25% GLRaV-1, 15% GFkV, 4% GLRaV-3 y GFLV, (Komínek 2008, Poljuha et al. 2010). Sin embargo, al igual que en el presente trabajo, diferentes estudios realizados en varias zonas de España resaltan la presencia de loa virus GFLV y GFkV (Bertolini et al. 2010, Palomares-Rius et al. 2012, Pesqueira-Mendez et al. 2013, Fiore et al. 2016).

Por otro lado, es de destacar la elevada incidencia del virus GLRaV-2, cuyo testaje no está contemplado en la legislación. La cepa de este virus que presentó mayor presencia fue la GLRaV-2 PN. Esta variante del virus está especialmente relacionada con síntomas de enrollado además de incompatibilidad de injerto, específicamente para el portainjerto 5BB Kober (*Vitis berlandieri* x *Vitis riparia*) (Bertazzon et al., 2010, Meng et al. 2017). La elevada incidencia de este virus ha sido también detectada en viñedos de Galicia (Pesqueira-Mendez et al. 2013) y Valencia (Fiore et al. 2016), poniendo de relieve la importancia de su control.

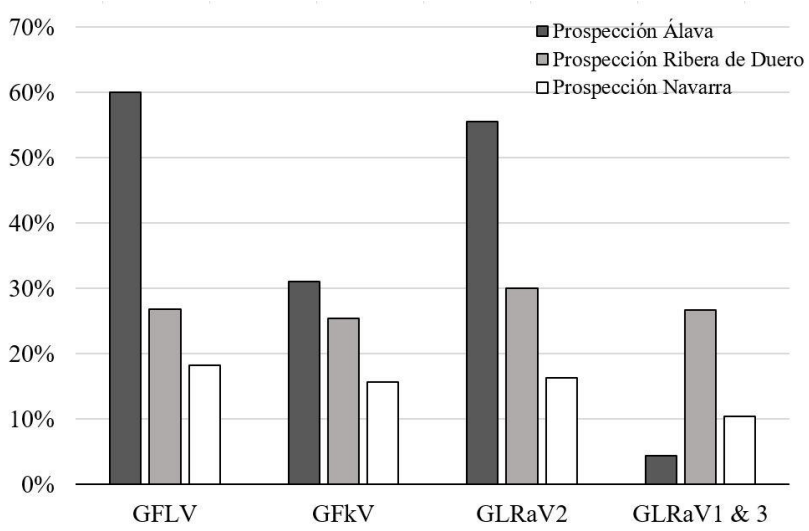


Fig. 1. Incidencia (%) de las virosis GFLV, GFkV, GLRaV-1, -2 y -3 en prospecciones realizadas en las tres zonas geográficas (Navarra, Álava y Ribera de Duero).

AGRADECIMIENTOS

Los trabajos presentados en esta comunicación se corresponden con prospecciones estudiadas en el marco del proyecto LOWpHWIN, financiado por CDTI dentro de su Programa Estratégico CIEN (Ref. IDI- 2021039).

REFERENCIAS

Bertolini E., Garcia J., Yuste A., Olmos A. 2010. High prevalence of viruses in table grape from Spain detected by RT-PCR. Eur. J. Plant. Pathol. 128:283–7.

Bertazzon, N., Borgo, M., Vanin, S., & Angelini, E. 2010. Genetic variability and pathological properties of Grapevine leafroll-associated virus 2 isolates. Eur. J. Plant. Pathol. 127: 185–197.

Fiore, N., Prodan, S., Montealegre, J., Aballay, E., Pino, A. M., & Zamorano, A. 2008. Survey of grapevine viruses in Chile. J. Plant. Pathol., 90(1):125–130.

Fiore, N., Zamorano, A., Sanchez-Diana, N., González, X., Pallas, V., & Sanchez-Navarro, J. 2016. First detection of Grapevine rupestris stem pitting-associated virus and Grapevine rupestris vein feathering virus, and new phylogenetic groups for Grapevine fleck virus and Hop stunt viroid isolates, revealed from grapevine field surveys in Spain. Phytopathologia Mediterranea, Phytopathol. Mediterr. 55(2):225-238.

Komínek, P. 2008. Distribution of grapevine viruses in vineyards of the Czech Republic. J. Plant. Pathol., 90(2): 357-358.

Martin, R. R., Eastwell, K. C., Wagner, A., Lamprecht, S., & Tzanetakis, I. E. 2005. Survey for viruses of grapevine in Oregon and Washington. Plant Disease, 89(7):763-766.

Meng, B., Martelli, G. P., Golino, D. A., & Fuchs, M. 2017. Grapevine viruses: Molecular Biology, Diagnostics and Management. Springer, Switzerland.

Milkus, B. N., & Goodman, R. N. 1999. A survey of Missouri vineyards for the presence of five grape viruses. Am. J. Enol. Vitic., 50(1): 133-134.

Palomares-Rius, J. E., Gutiérrez-Gutiérrez, C., Cantalapiedra-Navarrete, C., & Castillo, P. 2012. Prevalence and diversity of Grapevine fanleaf virus in southern Spain. Plant pathol., 61(6): 1032-1042.

Pesqueira-Mendez, A. M. 2013. Los Virus del enrollado de la vid (GLRaV) en cultivares tintos de *Vitis vinifera* L. en Galicia: Transmisión y caracterización molecular de aislados locales de GLRaV-3. Tesis Doctoral. Universidade de Santiago de Compostela.

Poljuha, D., Sladonja, B., & Bubola, M. 2010. Incidence of viruses infecting grapevine varieties in Istria (Croatia). J Food Agric Environ, 8(1): 166-169.

Poojari, S., Moreau, D. L., Kahl, D., Ritchie, M., Ali, S., & Úrbez-Torres, J. R. 2020. Disease incidence and genetic variability of economically important grapevine viruses in Nova Scotia. Can. J. Plant Pathol., 42(4): 584-594.

Perfil aromático de las variedades blancas minoritarias 'Albilla do Avia' y 'Ratiño'

Díaz Fernandez[1], A., Cortés Diéguez, S. [2], Grana-Caneiro, M.J.[1], Bouzas-Cid, Y.[1], Vázquez-Arias, A.[1] Díaz-Losada, E.[1*]
[1]Estación de Viticultura e Enoloxía de Galicia (AGACAL_EVEGA). Ponte San Clodio s/n, 32428, Leiro, Ourense, España

[2] Biotecnología Industrial e Ingeniería Ambiental, ¨BiotecnIA¨, Edificio Campus Auga, Campus Sur, 32004, Universidad de Vigo, Ourense, España

**Emilia Díaz Losada: emilia.diaz.losada@xunta.es*

Resumen
Las variedades de vid 'Albilla do Avia' y 'Ratiño' han incrementado recientemente el elenco de variedades blancas que pueden ser cultivadas en España con destino a la elaboración de vino. Como parte integrante de un amplio estudio de caracterización, en este trabajo se presentan los resultados obtenidos para el perfil aromático de vinos monovarietales con ambas variedades. Los compuestos volátiles responsables de dicho perfil fueron determinados por CG-MS en los vinos de tres campañas consecutivas, 2019-2021. Los resultados muestran como el linalol, hotrienol, geraniol, y α-terpineol, contribuyen significativamente al aroma de los vinos monovarietales de 'Albilla do Avia'. La variedad 'Ratiño', por su parte, produce vinos con un mayor contenido en 2-feniletanol y su correspondiente acetato de 2-feniletilo, así como una mayor concentración total de norisoprenoides, principalmente α-ionona y en δ-butirolactona.

Palabras clave: *Vitis vinifera, vino, compuestos volátiles, CG-MS, perfil aromático*

INTRODUCCIÓN

Las variedades de vid 'Albilla do Avia' y 'Ratiño' han sido registradas recientemente en el Registro de Variedades Comerciales (Orden APA/1097/2021, de 7 de octubrey formarán parte del potencial vitícola de la Comunidad Autónoma de Galicia. 'Albilla do Avia' se cultiva en viñedos enclavados dentro de la DO Ribeiro, y 'Ratiño' en el Valle del Salnés, una de las cinco subzonas de la DO Rías Baixas (Díaz et al. 2011).

El interés mostrado por varias bodegas y por las propias Denominaciones de Origen hacia estas variedades ha determinado la realización de estudios encaminados a su puesta en valor . El aroma de un vino es un factor importante en su calidad y se muestra como carácter diferenciador entre vinos de distintos cultivares. Por lo que en este trabajo se pretende conocer el potencial de estas variedades a través de su perfil aromático, al mismo tiempo que identificar aquel o aquellos compuestos volátiles que contribuyan a la caracterización de ambos cultivares.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron microvinificaciones experimentales en las campañas 2019, 2020, 2021 a partir de la uva de dos parcelas comerciales La parcela de 'Albilla do Avia' se localiza en la Denominación de Origen Ribeiro y la de 'Ratiño' en la Denominación de Origen Rías Baixas subzona Salnés.

Los compuestos volátiles responsables del perfil aromático de los correspondientes fueron determinados por CG-MS siguiendo la metodología de extracción y las condiciones

cromatográficas propuestas por (Bouzas, 2017).

La valoración de diferencias entre tratamientos se llevó a cabo mediante análisis de la varianza (ANOVA), utilizando el programa estadístico XLSTAT (Adinsoft, Paris).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran, agrupados por familias, los resultados obtenidos para los compuestos volátiles mayoritarios y en la Tabla 2 se muestran los correspondientes a los minoritarios. Se han identificado un total de 50 compuestos volátiles en los vinos de ambas variedades, 33 mayoritarios y 17 minoritarios.

Dentro de los compuestos mayoritarios o fermentativos (Tabla 1), no se encontraron diferencias significativas para ambas variedades, por la influencia que las condiciones de fermentación tienen sobre la composición volátil del vino final. Destaca la importante contribución del 2-fenil etanol y el correspondiente acetato, acetato de 2-feniletilo, principalmente en el caso de la variedad 'Ratiño'. Ambos compuestos contribuyen directamente al vino de las dos variedades con notas a miel y floral tipo rosa, dado que su concentración supera sus correspondientes umbrales de percepción, fijados en 14 y 250 mg/L, respectivamente (Ferreira et al., 2000).

En el caso de los compuestos volátiles minoritarios o varietales, sí se encontraron diferencias significativas de concentración para los vinos de ambos cultivares (Tabla 2). Son los compuestos de la familia de los terpenos los que tienen mayor influencia cualitativa y cuantitativa al perfil aromático de 'Albilla do Avia' y 'Ratiño'. Linalol, hotrienol, geraniol, α-terpineol, presentan una concentración significativamente superior en los vinos monovarietales de 'Albilla do Avia', lo que se traducirá en una mayor contribución de notas de tipo floral y cítricas y, podrán ser usados como marcadores varietales. Los vinos monovarietales de 'Ratiño', presentan una concentración superior de citronelol y nerol y del total de norisoprenoides y lactonas, aunque las diferencias no son significativas respecto a los vinos monovarietales de 'Albilla do Avia', serán también vinos con un marcado perfil floral y afrutado.

El perfil aromático definido para ambas variedades ha venido a constatar la importancia del empleo de estas en elaboraciones mono o plurivarietales, con vistas a incrementar la personalidad y el aroma, floral, afrutado y especiado, de los vinos resultantes.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado como parte del proyecto RTI2018-101085-R-C31: "Valorización de variedades de vid minoritarias por su potencial para la diversificación de vinos y por su resilencia al cambio climático (MINORVIN)", financiado por MICINN / AEI / ERDF, EU. La Fundación Juana de Vega ha financiado parcialmente el contrato de Yolanda Bouzas Cid.

REFERENCIAS

Bouzas-Cid, Y. 2017. Influencia del regadío y del tipo de cubierta vegetal sobre la composición en aminoácidos de las uvas y los compuestos volátiles de los vinos de diversas variedades gallegas. Tesis Doctoral. Universidad de Vigo.

Díaz-Losada, E. 2011. A Colección de Vides da Estación de Viticultura e Enoloxía de Galicia. Xunta de Galicia. Pp 383.

Díaz-Losada, E., Cortés-Dieguez, S. Rodríguez-Torres, I., Mirás-Avalos, J.M. y Orriols-Fernández, I. 2013. Characterization of the nearly extinct 'Albilla' cultivar from different grape varieties. J. Int. Sci. Vigne Vin, 2013, 47, n°4, 261-268

Ferreira, V., López, R., Cacho, F.J. 2000. Quantitative determination of the odorants of Young red wines from different grape varieties. J. Sci. Food Agric. 80, 1659-1667.

Orden APA/1097/2021, de 7 de octubre, por la que se dispone la inclusión de diversas variedades de distintas especies en el Registro de Variedades Comerciales. B.O.E. num. 243 del 11 de Octubre de 2021.

Tabla 1. Concentración ($mg \cdot L^{-1}$) de compuestos volátiles mayoritarios en vinos monovarietales de 'Albilla do Avia' y 'Ratiño' (media y desviación estándar (DS) de las añadas de 2019, 2020 y 2021). *diferencia significativa $p \leq 0,05$; ns sin diferencia significativa

Compuestos	Albilla do Avia		Ratiño		Sig.
	Media	D.S	Media	D.S	
Alcoholes ($mg.L^{-1}$)					
Metanol	26,70	17,09	30,24	11,85	ns
1 Butanol	0,36	0,62	0,00	0,00	ns
2 Methyl,1 butanol	29,03	12,92	46,24	7,80	ns
3 Methyl,1 butanol	165,05	28,36	203,52	30,38	ns
2 Methyl,1 propanol	29,28	20,97	47,96	10,77	ns
Propanol	37,35	14,50	20,32	2,01	ns
2-Phenylethanol	14,26	8,98	19,20	2,18	ns
Alcohol bencílico	2,58	0,53	1,75	0,16	ns
Compuestos C6 ($mg.L^{-1}$)					
Hexanol	1,53	0,67	0,88	0,79	ns
Esteres ($mg.L^{-1}$)					
Hexanoato de etilo	0,24	0,21	0,44	0,51	ns
Octanoato de etilo	0,42	0,19	0,89	0,38	ns
Decanoato de etilo	0,19	0,13	0,25	0,12	ns
Lactato de etilo	26,60	10,77	23,84	4,96	ns
Succinato de dietilo	1,94	1,08	3,27	0,71	ns
Acetatos ($mg.L^{-1}$)					
Acetato de etilo	7,19	12,24	29,13	50,20	ns
Acetato de isoamilo	0,60	0,63	0,76	0,66	ns
Acetato de hexilo	0,11	0,17	0,48	0,76	ns
2-Phenil acetato	7,19	12,24	29,13	50,20	ns
Acids ($mg.L^{-1}$)					
Ácido acetico	190,34	109,66	255,87	196,92	ns
Ácido butírico	0,97	0,74	2,49	2,93	ns
Ácido isobutírico	0,61	0,19	1,99	1,55	ns
Ácido isopentanoico	0,43	0,26	1,43	1,22	ns
Ácido hexanoico	3,39	1,32	5,59	2,81	ns
Ácido octanoico	4,13	1,69	6,06	2,91	ns
Ácido decanoico	0,84	0,49	1,07	0,64	ns
Compuestos carbonílicos ($mg.L^{-1}$)					
Acetoin	9,52	6,70	9,33	10,19	ns
Acetaldehido	39,44	19,37	38,14	39,10	ns
Otros compuestos ($mg.L^{-1}$)					
Acetol	13,31	8,68	16,11	12,76	ns
Glicerol	5442,03	297,77	6972,83	1183,87	ns
2-3-Levo butanodiol	733,06	736,06	1037,48	679,09	ns
2-3-Meso butanodiol	333,33	157,23	281,84	23,20	ns

Tabla 2. Concentración ($\mu g \cdot L^{-1}$) de compuestos volátiles minoritarios en vinos monovarietales de 'Albilla do Avia' y 'Ratiño' (media y desviación estándar (DS) de las cosechas 2019, 2020 y 2021).

Compuestos	Albilla do Avia		Ratiño		Sig.
	Media	D.S	Media	D.S	
Terpenos ($\mu g.L^{-1}$)					
Linalol	12,47	1,12	5,54	0,58	*
oxido de trans linalol (furan)	1,21	0,08	0,95	0,27	ns
óxido de cis linalol (furan)	1,54	0,05	1,32	0,17	ns
óxido de trans linalol (piran)	1,37	0,16	0,56	0,46	ns
óxido de cis linalol (piran)	0,92	0,39	0,80	0,09	ns
oh- trienol	7,49	1,47	2,91	1,17	*
α terpineol	27,64	5,60	11,69	1,75	*
Citronelol	2,42	0,97	4,12	2,10	ns
Nerol	2,32	0,89	3,17	2,47	ns
Geraniol	11,84	2,38	4,46	0,26	*
Hodiol 1	44,73	8,22	10,92	3,05	ns
Endiol	69,41	25,46	9,37	0,06	ns
Norisoprenoides ($\mu g.L^{-1}$)					
α Ionona	0,08	0,00	0,11	0,00	ns
β Ionona	0,07	0,00	0,06	0,00	ns
α Damascona	0,06	0,00	0,07	0,00	ns
β Damascona	0,06	0,00	0,07	0,00	ns
Lactones ($\mu g.L^{-1}$)					
ɤ Butirolactona	6,51	0,16	21,40	16,20	ns

*diferencia significativa $p \leq 0,05$; ns sin diferencia significativa

Identificación de sinonimias y homonimias en las accesiones de uva de mesa de la colección de Meknès (Marruecos) mediante marcadores SSR y SNP

Lalla Hasna Zinelabidine[1,3], Jamal Charafi[2], Hakim Outghouliast[2], Abdelmajid Haddioui[3], José Miguel Martínez-Zapater[4], Javier Ibáñez[4], Javier Tello[4]

[1] University of Sultan Moulay Slimane, Superior School of Technology, Beni Mellal, Morocco.
[2] National Institute of Agricultural Research (INRA), Meknes, Morocco
[3] University of Sultan Moulay Slimane, Laboratory of Biotechnology and Valorisation of Plant Genetic Resources, FST, Beni Mellal, Morocco.
[4] Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC-Gobierno de La Rioja-Universidad de La Rioja), Logroño, España

* *javier.tello@icvv.es*

Resumen

En este trabajo se ha llevado a cabo la caracterización genética de las 60 accesiones de uva de mesa que forman parte de la colección de variedades de vid de *Ain Tawajtat* de Mèknes (Marruecos), con el fin de detectar posibles errores de identificación, así como para revelar nuevas sinonimias y homonimias. Utilizando una estrategia de genotipado que combina el uso de marcadores SSR y SNP se han encontrado 40 perfiles genéticos distintos que se compararon con los almacenados en varias bases de datos internacionales para su identificación varietal. La mayoría de estos perfiles se correspondieron con variedades de uva de mesa, encontrándose 21 variedades obtenidas en distintos programas de mejora europeos de principios y mediados del siglo XX, como 'Italia', 'Delizia di Vaprio', y 'Michele Palieri'. Por otro lado, 17 perfiles genéticos se identificaron como variedades de uva de mesa originarias de distintas regiones del Mediterráneo, incluyendo Marruecos. Este estudio de identificación genética permitió detectar numerosos casos errores de denominación y de posibles nuevas sinonimias, así como profundizar en el posible origen de dos accesiones de identidad desconocida. Esta información contribuye a la mejora de la gestión de los recursos genéticos de vid marroquíes.

Palabras clave: Diversidad, Genotipado, Recursos Genéticos

INTRODUCCIÓN

Marruecos cuenta con una gran tradición vitícola. Las primeras variedades de vid cultivadas en el país fueron probablemente introducidas por fenicios y cartagineses, que iniciaron la historia vitivinícola de este país. La llegada del imperio romano expandió estas prácticas hasta la llegada del cristianismo. Más tarde, la expansión de la civilización islámica marcó una nueva etapa en la viticultura de la región, quedando centrada en la producción de uvas de mesa y uvas pasas (Zinelabidine et al., 2014). Esta intensa historia queda reflejada en la alta diversidad genética de las variedades que se cultivan hoy en día a lo largo del país, muchas autóctonas de Marruecos y otras introducidas desde distintas

regiones del Mediterráneo con distintos objetivos (Zinelabidine et al., 2010).

Con el fin de crear una colección local de variedades que reuniera vides de distinto uso y origen, parte del material vegetal conservado en el Centro Regional de Investigaciones Agrarias de Rabat (Marruecos) se transfirió en 1997 a la colección *Ain Tawajtat* de Mèknes (Marruecos). Sin embargo, durante este proceso no se llevó a cabo un proceso de identificación varietal. El objetivo de este trabajo es la caracterización genética de las accesiones de uva de mesa de esta colección, con el fin de detectar posibles homonimias (uso de un mismo nombre para designar a variedades distintas), sinonimias (uso de distintos nombres para una misma variedad), y errores de denominación, para así optimizar la gestión de los recursos genéticos de vid del país.

MATERIAL Y MÉTODOS

En este trabajo se han analizado las 60 accesiones de uva de mesa conservadas en la colección *Ain Tawajtat* de Mèknes (Marruecos). De cada accesión se recolectaron 5-6 hojas jóvenes, de las que se extrajo el ADN genómico total necesario para llevar a cabo su caracterización genética mediante siete marcadores SSR (*VVS2*, *VVMD5*, *VVMD7*, *VVMD27*, *VVMD32*, *VrZAG62*, y *VrZAG79*) y 48 SNPs, siguiendo el método descrito en Nebish et al. (2021). Los perfiles genéticos obtenidos se compararon con los almacenados en las bases de datos del *Vitis* International Variety Catalogue (*V*IVC, http://www.vivc.de), y del Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV) para su identificación varietal. El análisis filogenético se realizó usando el software DARwin v.6.0.21 (Perrier y Jacquemond-Collet, 2006). Para este análisis, se tomaron una serie de genotipos de variedades de vid procedentes de distintas zonas geográficas y de distinto uso de los disponibles en la base de datos del ICVV.

RESULTADOS Y DISCUSION

La estrategia de genotipado seguida en este trabajo permitió identificar 58 de las 60 accesiones analizadas (Tabla 1). Así, se observaron 40 perfiles genéticos diferentes, de los cuales 21 se corresponden a cultivares obtenidos en programas de mejora europeos de principios y mediados del siglo XX por mejoradores como Alberto Pirovano, Paul Truel o Michele Palieri. Por otro lado, se encontraron 17 variedades procedentes de distintas regiones del Mediterráneo, incluyendo dos variedades autóctonas de Marruecos ('Taferielt' y 'Abouhou'). La variedad 'Taferielt' se encontró dos veces en la colección, bajo los nombres "Tapperial" y "Rezouki". 'Abouhou' también se encontró dos veces, con los nombres "Oubouhou" y "King's Ruby". Mientras que el nombre "Rezouki" podría considerarse una nueva sinonimia de la variedad 'Taferielt', "King's Ruby" es un error de denominación, al tratarse de un nombre usado como sinónimo de la variedad "Ruby Seedless". Este no es el único error de denominación encontrado en la colección *Ain Tawajtat* de Mèknes. Así, la variedad 'Dattier De St. Vallier' se conserva erróneamente usando el nombre de la variedad 'Ardona', la variedad 'Red Globe' el de la variedad 'Chelva' (sinónimo 'Beba'), y la variedad 'Italia' el de la variedad 'Carriere'.

Tabla 1.- Variedades identificadas en la colección de uva de mesa de *Ain Tawajtat*.

Nombre Variedad	N (Nombre accesión)	Origen[1]
Abouhou	2 (Oubouhou; King's Ruby)	Marruecos
Afus Ali	2 (Muscat Douille; Dattier de Bayrouth)	Líbano
Ahmeur Bou Ahmeur	1 (Ahmer Bouamar)	Argelia
Alphonse Lavallee	3 (Alphonse la Valée; Gros Grain; X1K)	Francia
Barone Dell'Aterno - Pirovano 190	1 (Teresa de Prevane)	*
Beba	1 (Enselia)	España
Bezoul el Khadem de Tunisie	1 (Doukalia)	Túnez
Cardinal	6 (Cardinal; Maria Prevane; Early Lardinal; Rival; Porlam; X29DN)	*
Christmas Rose	1 (Christmas)	*
Dabouki	1 (Dabouki)	Israel
Dabouki Arub	1 (Aarabia Lybie)	Asia menor
Danam	2 (Danane; Danan)	*
Datal	1 (Datal)	*
Dattier De St. Vallier	1 (Ardona)	*
Delhro	1 (Jaamen)	*
Desconocida #1	1 (Diamant Noir)	-
Desconocida #2	1 (Sultanine Rosée)	-
Delizia Di Vaprio	1 (Delcia di Vapine)	*
Dominga	1 (ESP-nobi)	España
Flame Seedless	1 (Flame sedlees)	*
Imperial Napoleon	1 (ESP.NOA)	España
Italia	4 (Carriére; Muskat d'Italie A; Olivette Noire; X1Db)	*
Lival	1 (Lual)	*
Michele Palieri	1 (X4K)	*
Muscat Hamburg	3 (Perlina; Sultanine; Muskat de Hambourgh)	*
Muscat Madresfield Court	1 (Muskat Madine)	*
Muscat of Alexandria	2 (Ergilluie; X5K)	Grecia
Ohanes	1 (Esp. N.E)	España
Ohanes Red	1 (Sabat Kanstantini)	Portugal
Olivette Noire	1 (Oliviette Noir)	Hungría
Portan	1 (Chenasan)	*
Red Globe	2 (Chelva; X2K)	*
Rutilia	3 (Early supérieur; Flem des Valliers; Rutra)	*
Sicilien	1 (Pause Precoce)	Francia
Sugraone	1 (2B Jaamen)	*
Sultana Moscata	1 (Sultanine Musquée)	*
Sultanina	1 (Thomson)	Turquía

Taferielt	2 (Rezouki; Tapperial)	Marruecos
Triomphe D'Alsace	1 (X3K)	*
Tripoli	1 (Trijoli)	*

[1] De acuerdo a la información del *V*IVC (http://www.vivc.de). *: Variedad mejorada.

Por otro lado, se encontraron dos accesiones de identidad desconocida ("Diamant Noir" y "Sultanine Rosée"), cuyo perfil genético no coincide con ninguno de los almacenados en las bases de datos consultadas. El estudio filogenético realizado para estas accesiones junto a un grupo de variedades de origen y uso conocido indica que la accesión "Diamant Noir" está genéticamente relacionada con variedades de uva tipo moscatel, mientras que la accesión "Sultanine Rosée" se agrupa con la variedad 'Sultanina' y su descendiente 'Delight' (Fig. 1). De hecho, el estudio detallado de los perfiles genéticos obtenidos reveló que la accesión "Sultanine Rosée" comparte un alelo para cada marcador analizado con la variedad 'Sultanina', principal fuente de apirenia para la obtención de uvas sin semilla en programas de mejora (Royo et al. 2018). Esto sugiere que la accesión "Sultanine Rosée" es una variedad derivada de un programa de mejora enfocado a obtener uvas sin semilla. Por su parte, la accesión "Diamant Noir", comparte un alelo de cada marcador estudiado con la variedad 'Moscato D'Adda', descendiente a su vez de la variedad 'Muscat of Alexandria' (Laucou et al. 2018). Según la información recogida en el *V*IVC, "Diamant Noir" es un sinónimo de la variedad 'Diamante Nero' (también llamada 'Pirovano 87'), obtenida por Alberto Pirovano en 1931 tras el cruce de las variedades 'Pirovano 57' y 'Moscato D'Adda'. Así, a pesar de no disponer de información genética de la variedad 'Diamante Nero' para realizar una comparación directa, es razonable pensar que la accesión "Diamant Noir" se corresponde a la variedad 'Diamante Nero'.

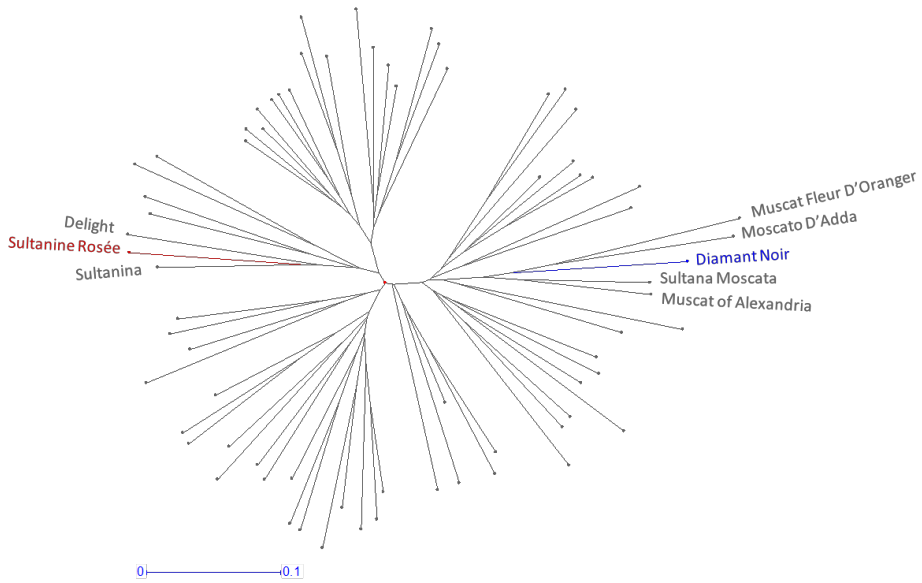


Fig. 1. Relaciones filogenéticas obtenidas para las accesiones "Diamant Noir" (en azul), "Sultanine Rosée" (rojo), y un grupo de variedades de origen y uso conocido (gris).

Los resultados de este trabajo sirven de base para mejorar el manejo de los recursos

genéticos almacenados en la colección de variedades de uva de mesa de *Ain Tawajtat* de Mèknes, en Marruecos, y permitirá suministrar material vegetal a los viticultores locales con garantías de autenticidad varietal.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el CSIC a través de la convocatoria I-COOP+ 2020 (proyecto COOPB20562).

Referencias

Laucou, V., Launay, A., Bacilieri, R., Lacombe, T., Adam-Blondon, A.-F., Bérard, A., Chauveau, A., de Andrés, M.T., Hausmann, L., Ibáñez, J., Le Paslier, M.-C., Maghradze, D., Martínez-Zapater, J.M., Maul, E., Ponnaiah, M., Töpfer, R., Péros, J.-P., Boursiquot, J.-M. 2018. Extended diversity analysis of cultivated grapevine *Vitis vinifera* with 10K genome-wide SNPs. PLoS ONE 13 (2), e0192540.

Nebish, A., Tello, J., Ferradás, Y., Aroutiounian, R., Martínez-Zapater, J.M., Ibáñez, J. 2021. SSR and SNP genetic profiling of Armenian grape cultvars gives insights into their identity and pedigree relationships. OENO-One 4, 101-114.

Perrier, X., Jacquemond-Collet, J. P. (2006). DARwin software. https://darwin.cirad.fr.

Royo, C., Torres-Pérez, R., Mauri, N., Diestro, N., Cabezas, J.A., Marchal, C., Lacombe, T., Ibáñez, J., Tornel, M., Carreño, J., Martínez-Zapater, J.M., Carbonell-Bejerano, P. 2018. The major origin of seedless grapes is associated with a missense mutation in the MADS-Box gene *VviAGL11*. Plant Physiology 177, 1234-1253.

Zinelabidine, L.H., Haddioui, A., Bravo, G., Arroyo-García, R., Martínez-Zapater, J.M. 2010. Genetic origins of cultivated and wild grapevines from Morocco. Am. J. Enol. Vitic. 61 (1), 83-90.

Zinelabidine, L.H., Laiadi, Z., Benmehaia, R., Gago, P., Boso, S., Santiago, J.L., Haddioui, A., Ibáñez, J., Martínez-Zapater, J.M., Martínez, M.C. 2014. Comparative ampelographic and genetic analysis of grapevine cultivars from Algeria and Morocco. Aust. J. Grape Wine Res. 20, 324-333.

Efecto del portainjerto en el comportamiento de un clon tradicional de Monastrell en condiciones semiáridas. Resultados preliminares

J.M. Navarro*, P. Botía, E.I. Morote, F.M. Hernández, E. Arques, J.A. Palazón, P. Romero
Equipo de Riego y Fisiología del Estrés. Departamento de Bioeconomía, Agua y Medioambiente. IMIDA, C/Mayor s/n, 30150, La Alberca, Murcia, *josefam.navarro2@carm.es

Palabras clave: 140Ru, 110R, 161-49C, riego, intercambio gaseoso, producción, calidad

Resumen

Una de las medidas de adaptación de la viticultura al cambio climático es la utilización del material genético mejor adaptado al nuevo escenario climático. Partiendo de que la variedad Monastrell (*Vitis vinifera*) está bien adaptada al clima seco y de alta temperatura del sureste español, se estudió un clon tradicional de Monastrell con gran vellosidad, evaluando su comportamiento en diferentes portainjertos (110R, 140Ru y 161-49C) y frente a diferentes situaciones hídricas (riego deficitario controlado -RDC- y secano). Las viñas del clon tradicional velloso de Monastrell injertadas sobre el portainjerto 161-49C tuvieron menores tasas de intercambio gaseoso, lo que afectó negativamente a su crecimiento y a su productividad. Además, el portainjerto modificó la calidad de las bayas del clon tradicional velloso de Monastrell. Las viñas injertadas sobre 161-49C tuvieron mayor calidad de la baya debido al aumento de relación de los ácidos tartárico/málico, índice de color, compuestos fenólicos, antocianos y taninos, debido a un efecto de concentración por el menor porcentaje de mosto y el menor tamaño de baya. Por otra parte, aunque las viñas sobre 161-49C fueron las menos productivas, la mayor reducción de la producción del clon tradicional velloso de Monastrell cultivado en condiciones de secano respecto al regado con RDC se produjo en viñas sobre 110R, debido tanto al menor número de racimos por cepa como a la disminución del peso de los mismos. En secano, las bayas disminuyeron su porcentaje de mosto, lo que incrementó la concentración de IPT, antocianos y taninos, principalmente en las viñas sobre 161-49C. Es necesario intensificar este estudio para concluir si, a pesar del aumento de la calidad de las bayas de viñas del clon tradicional velloso de Monastrell sobre 161-49C, su baja productividad podría hacer no viable este portainjerto para este clon.

INTRODUCCIÓN

Según las proyecciones climáticas realizadas para Europa y España, serán las regiones del sur y el este de la Península Ibérica las que experimentarán cambios de mayor magnitud (Fraga et al., 2016) y por tanto, las que deberán realizar los mayores esfuerzos de adaptación para mantener la calidad y productividad de los sistemas agrícolas. Una medida de adaptación de la viticultura a medio/largo plazo es la sustitución del material vegetal seleccionado por su mejor tolerancia a las nuevas condiciones climáticas. Dentro de las regiones vitivinícolas españolas más vulnerables la variedad más ampliamente extendida es Monastrell (Resco et al., 2016), variedad de uva de vino antigua, autóctona del Levante español, y que se adapta bien a climas rigurosos y secos de altas temperaturas y ciclos de sequía recurrentes desde antaño. Con el fin de aprovechar la diversidad genética natural de la vid como una opción para afrontar el cambio climático, se debería apostar por la adaptación y mejora de esta variedad Monastrell a la nueva situación climática.

En una prospección de material genético de vid se ha recuperado un clon tradicional de Monastrell que presenta como peculiaridad la presencia de una gran vellosidad que recubre el envés de las hojas durante gran parte de su desarrollo vegetativo. Con la hipótesis de que esta vellosidad pueda conferir mayor resistencia a condiciones de estrés ambiental, se planteó la realización de una evaluación preliminar del comportamiento fisiológico, productivo y de calidad de las bayas de viñas de este clon, que podría estar bien adaptado a las condiciones de aridez y sequía del sureste español. Se ha evaluado su comportamiento en diferentes portainjertos que han mostrado diferencias en el comportamiento fisiológico, productivo, y en la calidad de clones comerciales de Monastrell (Romero et al., 2018, 2019, Navarro et al., 2021). Además, en el estudio también se evalúa el comportamiento de este clon bajo condiciones de riego y secano.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en una parcela experimental de viñedo (*Vitis vinifera* L., var. Monastrell) en Cehegín (Murcia) en las condiciones semiáridas del sudeste español. Las cepas (2 años de edad) tienen un marco de plantación de 3571 cepas/ha (2,8 x 1 m), conducción en espaldera con cordón bilateral con sistema vertical de tres alambres y poda tradicional de la zona (3 pulgares/brazo y 2 yemas/pulgar). Se utilizaron tres portainjertos: 140Ru, 110R y 161-49C injertados en un clon local tradicional velloso de Monastrell. El ensayo se llevó a cabo bajo dos condiciones de riego: riego deficitario controlado (RDC, aplicando un 20% ET_c) y secano (sin riego). Se realizó un estudio fisiológico y de crecimiento de las plantas durante el año 2021 y se estudiaron sus características productivas en vendimia determinando su calidad tecnológica y fenólica siguiendo la metodología previamente descrita en Romero et al. (2018). Los datos (n=9) se analizaron mediante análisis de la varianza y el test de separación de medias de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En preenvero, las cepas injertadas sobre 161-49C tuvieron tasas de fotosíntesis (*A*) y transpiración (*E*) significativamente menores que las injertadas sobre 140Ru y 110R, aunque no varió la eficiencia intrínseca (A/g_s) ni la eficiencia instantánea (A/E) del uso del agua en 161-49C (Tabla 1). Las tasas de *A* y *E* disminuyeron en plantas en secano respecto a las RDC, y esta reducción fue significativa en 161-49C (Tabla 1). La menor actividad fotosintética de 161-49C redujo su crecimiento y producción (Tabla 2). Las cepas en el portainjerto 161-49C mostraron menor desarrollo vegetativo respecto a las injertadas en 140Ru y 110R, con reducciones del número y longitud de pámpanos, y por tanto del área foliar. Además, las cepas en secano redujeron el número de pámpanos aunque no su longitud, excepto en cepas en 161-49C en secano, que redujeron la longitud de pámpanos respecto al resto de viñas en secano. Las cepas en secano redujeron su área foliar total respecto a las cultivadas con RDC.

Las cepas sobre 161-49C tuvieron un rendimiento productivo menor al de las cepas sobre 110R y 140Ru, con reducciones de producción total, número de racimos por cepa, peso medio del racimo y tamaño de la baya (Tabla 2). La menor producción y desarrollo vegetativo en 161-49C respecto a 110R o 140Ru, está descrito en clones comerciales de Monastrell bien regados (Romero et al., 2018). Las cepas en secano tuvieron una producción más baja que en RDC (reducción del 58%) debido al menor número de racimos y peso de los mismos. Esta reducción fue mayor en 110R (68%) que en 140Ru (43%); las cepas sobre 161-49C, con producciones inferiores a 1 kg/cepa, no mostraron diferencias significativas (Tabla

2).

Tal y como se ha observado en clones comerciales de Monastrell (Romero et al., 2018, Navarro et al., 2021), el portainjerto influye en la calidad de las bayas del clon tradicional velloso de Monastrell, encontrándose menor porcentaje de mosto, así como mayor relación de los ácidos tartárico/málico en 161-49C (Tabla 3). Además, se observó un mayor índice de color, antocianos totales y extraíbles, IPT y taninos en 161-49C respecto a 140Ru o 110R (Tabla 3). El menor tamaño de baya en portainjertos poco vigorosos (como es 161-49C) y el menor porcentaje de mosto, pudieron aumentar la concentración de metabolitos por un efecto de concentración (Romero et al., 2018, 2019; Navarro et al., 2021). El portainjerto modificó la calidad global de la baya, que fue mayor en 161-49C y menor en 110R (Tabla 3). Respecto al efecto del riego sobre la calidad de las bayas, en condiciones de secano disminuyó el porcentaje de mosto y aumentaron los valores de IPT, antocianos totales y extraíbles (Tabla 3). Además, con 161-49C en secano las bayas tuvieron los mayores valores de IPT, antocianos, taninos e índice de color. Las bayas de las viñas en secano sobre 110R y 161-49C aumentaron la concentración de taninos respecto a las cultivadas en RDC (Tabla 3). El menor porcentaje de mosto pudo ser el responsable de la mayor concentración de compuestos fenólicos obtenidos en estas bayas.

Los resultados preliminares muestran que, a pesar del aumento de la calidad de las bayas del clon tradicional velloso de Monastrell en 161-49C, su baja productividad podría no hacer viable este portainjerto para este clon, siendo necesario aumentar los años de estudio para la obtención de resultados más concluyentes.

Agradecimientos

Financiado por el proyecto AGL2017-83738-C3-2-R del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y por el proyecto FEDER 1420-24 (programa operativo de la Región de Murcia 2014-2020), cofinanciado al 80% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional.

Referencias

Fraga H, García de Cortazar I, Malheiro AC, Santos JA. 2016. Modelling climate change impacts on viticultural yield, phenology and stress conditions in Europe. Glob. Change Biol. 22: 3774–3788.

Navarro JM, Botía P, Romero R. 2021. Changes in Berry Tissues in Monastrell Grapevines Grafted on Different Rootstocks and Their Relationship with Berry and Wine Phenolic Content. Plants. 10: 2585.

Romero P, Botía P, del Amor FM, Gil-Muñoz R, Flores P, Navarro JM. 2019. Interactive effects of the rootstock and the deficit irrigation technique on wine composition, nutraceutical potential, aromatic profile, and sensory attributes under semiarid and water limiting conditions. Agric. Water Manag. 225: 1–17.

Romero P, Botía P, Navarro JM. 2018. Selecting rootstocks to improve vine performance and vineyard sustainability in deficit irrigated Monastrell grapevines under semiarid conditions. Agric. Water Manag. 209: 73-93.

Resco P, Iglesias A, Bardají I, Sotés V. 2016. Exploring adaptation choices for grapevine regions in Spain. Reg. Environ. Change. 16: 979-993.

Tabla 1. Intercambio gaseoso en hojas de cepas del clon velloso de Monastrell (pre-envero).

Patrón (P)	**Riego (R)**	Fotosíntesis neta (A) ($\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)	Conductancia estomática (g_s) ($mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)	Transpiración (E) ($mmol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)	A/g_s ($\mu mol \cdot mol^{-1}$)	A/E ($\mu mol \cdot mmol^{-1}$)
110R		19,2b	0,250	5,64b	78,8	3,42
140Ru		18,9b	0,255	5,51b	75,6	3,27
161-49C		15,0a	0,201	4,54a	84,8	3,32
	RDC	18,7	0,252	5,69	75,5	3,29
	Secano	16,7	0,218	4,77	84,0	3,39
110R	RDC	19,5b	0,269	5,89b	74,2	3,32
110R	Secano	18,9b	0,232	5,40b	83,4	3,51
140Ru	RDC	18,9b	0,250	5,70b	76,1	3,32
140Ru	Secano	18,9b	0,260	5,32b	75,1	3,23
161-49C	RDC	17,6b	0,238	5,49b	76,1	3,23
161-49C	Secano	12,4a	0,164	3,58a	93,5	3,42
ANOVA						
Patrón		***	ns	**	ns	ns
Riego		*	ns	**	ns	ns
P x R		*	ns	*	ns	ns

*'ns' y * indican diferencias no significativas y diferencias significativas a P<0,05 respectivamente. Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas al 95% según el test de Duncan.*

Tabla 2. Desarrollo vegetativo y rendimiento productivo del clon velloso de Monastrell.

	Riego (R)	Area foliar total (m^2)	Número pámpanos	Longitud pámpano (cm)	Producción (kg/cepa)	Racimos/cepa	Peso racimo (g)	Peso baya(g)
110R		2,67b	9,1b	113b	2,06b	17,1b	116b	1,45b
140Ru		3,04b	9,8b	123b	2,34b	16,4b	125b	1,50b
161-49C		0,74a	5,0a	71a	0,40a	6,9a	53a	1,15a
	RDC	2,59	10	96	2,25	17,6	110	1,44
	Secano	2,2	6	108	0.95	9,3	86	1,29
110R	RDC	3,07	12,2c	102bc	3,13c	23,9c	126	1,48
110R	Secano	2,27	6,1b	125cd	1,00ab	10,3ab	107	1,42
140Ru	RDC	3,66	12,8c	108bcd	2,98c	21,0c	137	1,54
140Ru	Secano	2,42	6,8b	138d	1,70b	11,9b	1122	1,47
161-49C	RDC	0,87	6,1b	80ab	0,65a	8,0a	66	1,31
161-49C	Secano	0,6	3,8a	61a	0,16a	5,7a	40	0,99
ANOVA								
Patrón		***	***	***	***	***	***	*
Riego		**	***	ns	***	***	*	ns
P x R		ns	**	*	*	**	ns	ns

*'ns' *, ** y ** indican diferencias no significativas y diferencias significativas a P<0,05, P<0,01 y P<0,001 respectivamente. Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas al 95% según el test de Duncan.*

Tabla 3. Calidad tecnológica y fenólica de las bayas del clon velloso de Monastrell.

Patrón	**Riego**	SST	Acidez	Tartárico/málico	% Mosto	Índice color	Antocianos totales (mg/L	Antocianos extraíbles (mg/L)	IPT	Taninos (mg/gPF)	QI_{total}
110R		20,9	3	1,7a	53,3b	3,3a	863a	414a	14,4a	3,0a	7,4a
140Ru		21,7	3	1,6a	54,1b	2,7a	742a	425a	14,2a	2,5a	9,7b
161-49C		21,9	3,3	2,9b	45,3a	4,8b	1405b	716b	26,7b	5,0b	14,8c
	RDC	21,6	3	1,8	53,7	3,1	932	464	15,8	2,7	10,5
	Secano	21,4	3,1	2,2	48,1	4,1	1076	572	21,1	4,3	10,7
110R	RDC	21,2	3	1,8	54,1	3,0a	847a	408a	13,2a	2,5a	7,1
110R	Secano	20,6	3,1	1,6	52,5	3,5a	880a	419a	15,6a	3,4b	7,7
140Ru	RDC	22,1	3,1	1,4	56,4	3,3a	771a	417a	13,4a	2,6ab	9,9
140Ru	Secano	21,3	2,8	1,8	51,8	2,1a	714a	433a	14,9a	2,4a	9,5
161-49C	RDC	21,6	3	2,3	50,6	3,0a	1177b	567b	20,8b	3,1ab	13,5
161-49C	Secano	22,2	3,5	3,4	40	6,7b	1633c	865c	32,7c	6,9c	16
ANOVA											
Patrón		ns	ns	*	***	*	***	***	***	*	*
Riego		ns	ns	ns	***	ns	*	*	***	ns	ns
P x R		ns	ns	ns	ns	**	*	*	*	**	ns

*'ns' *, ** y ** indican diferencias no significativas y diferencias significativas a P<0,05, P<0,01 y P<0,001 respectivamente. Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas al 95% según el test de Duncan.*

Caracterización del banco de germoplasma de vid (*Vitis vinifera* L.) de la EVEGA.

A. Díaz-Fernández[1], M.D. Loureiro Rodríguez[1]*, S. Pereira-Lorenzo[2], E. Díaz Losada[1]

[1]Axencia Galega da Calidade Alimentaria (AGACAL)-EVEGA. Leiro, Ourense

[2]Universidad de Santiago de Compostela. Departamento de Producción Vegetal y Proyectos de Ingeniería. Escola Politécnica Superior de Enxeñaría, Campus de Lugo, 27002 Lugo

*Autor/a: maria.dolores.loureiro.rodriguez@xunta.gal

Resumen

La erosión genética experimentada por el viñedo europeo desde finales del siglo XIX ha promovido, en todas las zonas vitícolas del mundo, la recolección de la biodiversidad existente para la conservación de las variedades en bancos de germoplasma, con el fin de prevenir su desaparición. El potencial vitivinícola de muchas de esas variedades es desconocido y, de hecho, de muchas de ellas se desconoce su identidad y/o su origen.

En el presente trabajo se ahonda en la caracterización de 53 de las variedades de vid (*Vitis vinifera* L.) presentes en la Estación de Viticultura e Enoloxía de Galicia (EVEGA-AGACAL), recogidas en prospecciones realizadas a lo largo de toda la geografía gallega. Dichas variedades se han caracterizado ampelográficamente (57 parámetros) y ampelométricamente (17 parámetros) en base a la lista de descriptores de la OIV; además, se ha realizado el seguimiento fenológico, evaluado la sensibilidad a mildiu y determinado parámetros de calidad en uva. Los análisis de componentes principales permitieron determinar la diferenciación fenotípica de las variedades en función de la estructura genética establecida en trabajos previos utilizando marcadores moleculares.

Estos resultados permiten un conocimiento detallado del material vegetal conservado en la colección de la EVEGA-AGACAL, de elevado interés con vistas a la selección de variedades a plantar en determinadas zonas, con una cierta tolerancia a mildiu o con capacidad de adaptación al cambio climático. En la actualidad están en marcha estudios complementarios que permitirán la inclusión de algunas de ellas en el Registro de variedades comerciales, con el fin de obtener vinos diferentes con nicho propio en el mercado.

Palabras clave: Ampelografía, ampelometría, estructura poblacional, germoplasma, *Vitis vinifera* L.

INTRODUCCIÓN

La diversidad genética del viñedo europeo ha sufrido un fuerte retroceso como consecuencia de la llegada de la filoxera a finales del siglo XIX, la posterior homogeneización del cultivo en base a unas escasas variedades de renombre internacional y las limitaciones impuestas en las Denominaciones de Origen respecto a las variedades autorizadas para su plantación. Para frenar esta erosión genética, desde hace décadas los países de tradición vitícola están llevando a cabo prospecciones en viñedos viejos con el fin de recolectar la diversidad existente y conservarla en bancos de germoplasma. A este respecto, el Catálogo Internacional de Variedades de Vid (*Vitis* International Variety Catalogue, VIVC) es una base de datos online que recopila la información actualizada

existente en 135 colecciones de vid de 45 países, siete de ellas españolas. En la actualidad, el VIVC tiene registrada información sobre 13.624 variedades de *Vitis vinifera* L. subsp. *vinifera*, estando 2.000 de ellas registradas para la elaboración de vino en Europa, aunque solamente unas pocas de ellas se cultivan. La identificación y caracterización agronómica y enológica de estas variedades es necesaria con el fin de evitar duplicidades y evaluar su aptitud para el cultivo.

El éxito de los vinos gallegos se basa en su clara apuesta por las variedades autóctonas. La Estación de Viticultura y Enología de Galicia (EVEGA, Xunta de Galicia) posee en su colección variedades recogidas por toda la geografía gallega, que han sido identificadas mediante marcadores moleculares (Díaz-Losada et al, 2013) y algunas de ellas también han sido caracterizadas desde el punto de vista aromático y fenólico (Díaz-Fernández et al., 2022a, b).

El objetivo de este trabajo es completar la caracterización de las variedades existentes en la EVEGA y evaluar las posibles relaciones entre la ampelografía, la ampelometría, la fenología, la sensibilidad a mildiu y parámetros de calidad en uva con la estructura genética de las variedades.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal

La caracterización se llevó a cabo en 53 variedades recogidas en Galicia y mantenidas en la EVEGA. Para cada variedad hay plantadas dos repeticiones con 6 a 11 cepas cada una, distribuidas al azar en 64 filas. Las plantas están injertadas en 196-17 C, conducidas en espaldera y podadas a doble Cordón Royat.

Parámetros medidos

Parámetros ampelográficos y ampelométricos. Durante dos años se llevó a cabo la descripción de 57 parámetros ampelográficos siguiendo la metodología de la OIV (2008). Adicionalmente se evaluaron 17 parámetros ampelométricos usando el ImageJ Software.

Grado de resistencia a *Plasmopara vitícola* mediante test en discos de hoja. Un cultivo puro de *P.viticola* se aisló a partir de plantas de 'Albariño' infectadas naturalmente. Se pulverizó una suspensión de esporangios en hojas de 'Mencía' en placa y se cultivó a 25ºC para obtener una concentración de inóculo de 25.000 esporangios/ml. Diez estacas de cada variedad con dos yemas se pusieron a brotar en cámara bajo condiciones controladas. El experimento se llevó a cabo siguiendo la metodología de Gaforio et al (2015). Se midió la incidencia y severidad de la enfermedad y la densidad de esporulación.

Estados fenológicos. Las fechas de brotación, floración y envero se anotaron siguiendo la escala fenológica de Baggiolini. Además, se calcularon la duración del período vegetativo y los períodos floración-envero y envero-vendimia.

Parámetros de calidad de la uva. En vendimia se recogieron 500 uvas para cada variedad y se analizaron en mosto: º Brix, pH y acidez total mediante FTIR (OENOFOSS), y ácidos tartárico y málico (autoanalizador químico LISA 2000)

Análisis estadístico

Los datos cuantitativos relativos a incidencia y severidad de mildiu y la densidad de la esporulación se analizaron mediante ANOVA, y las medias se compararon con el test de Tukey. Los datos cualitativos obtenidos mediante el estudio ampelográfico y ampelométrico, así como del estudio de mildiu en hoja (previamente transformados a una escala cualitativa) se sometieron a un análisis de componentes principales. Los datos cuantitativos de fenología y calidad de uva se sometieron también a un análisis de

componentes principales mediante el software SPSS statistics v28 (IBM, Armonk, NY, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La conservación y caracterización del germoplasma de vid en colecciones previene su desaparición y permite su potencial aprovechamiento en el futuro para diversificar el mercado del vino, enfrentarse a nuevos patógenos o como medio de adaptación al cambio climático.

El análisis de los datos ampelográficos permitió observar la enorme variabilidad existente en la colección de la EVEGA, presentando solamente seis de los parámetros ampelográficos medidos notaciones homogéneas para todas las variedades. Esta gran variabilidad en parámetros ampelográficos ha sido encontrada en diversas colecciones (Khalil et al., 2017). El análisis de varianza realizado a los datos de la evaluación de la resistencia a *P. viticola* permitió observar diferencias significativas entre las variedades, presentando 'Blanco Lexítimo', 'Caíño Bravo', 'Híbrido', 'Merenzao' y 'Pedral' los menores valores en densidad de esporulación y severidad de la enfermedad, y 'Branca de Monterrei' y 'Evega 6' los mayores valores. La incidencia de la enfermedad fue del 100% exceptuando 'Batoca', 'Caíño Longo 2', 'Catalán', 'Dona Branca' y 'Evega' 4 con un 95%, y 'Albariño' con un 82% de incidencia de mildiu. A este respecto, en el estudio de Gaforio et al. (2015), en el que se evaluaron un elevado número de variedades españolas, se observó una muy baja incidencia de la enfermedad en las variedades gallegas 'Caíño Tinto', 'Sousón' y 'Loureira Blanca'; 'Dona Branca' presentó una incidencia baja, y 'Albariño' una incidencia media.

El análisis de componentes principales basado en los datos ampelográficos, ampelométricos y de resistencia a *P. vitícola* permitió discriminar algunos de los grupos representados por las diferentes poblaciones reconstruidas (RPP1a, RPP1b, RPP2a, RPP2b e híbrida), establecidas en trabajos previos (Díaz-Losada et al, 2012). La proyección de los tres primeros ejes, que explican un 20,07% de la varianza total, permitió separar las poblaciones RPP2 y la población híbrida (Admixed) en la parte negativa de la segunda componente del gráfico (Fig. 1A).

Respecto a la fenología, se encontraron diferencias de 12 días entre la variedad más precoz y la más tardía en brotar, y de 23 días en la maduración en los valores promedio de tres años. La acidez más baja fue de 3,30g/L para la variedad 'Pirixileira' ('Chasselas Cioutat') y la más alta de 9,94 g/L para 'Ferrón'. En maduración hubo diferencias de más de 6ºBrix entre variedades ('Blanca de Monterrei' 18'3º, 'Verdello Blanco' 25'0º Brix). Amplias diferencias en calidad de uva también se han encontrado en la evaluación de otras colecciones de vid (Khalil et al., 2017). El análisis de componentes principales basado en los datos fenológicos y de calidad de uva situó la población RPP1a en el lado negativo del eje 1, y la población híbrida en la parte negativa del segundo eje del gráfico (Fig. 1B).

La caracterización de la colección del banco de germoplasma de vid de la EVEGA ha posibilitado el constatar la amplia variabilidad existente. Esto establece la base para posibles aprovechamientos futuros como la adaptación al cambio climático, la potencial disminución de productos fitosanitarios o la obtención de vinos diferentes de marcada tipicidad.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado como parte del proyecto RTI2018-101085-R-C31: "Valorización de variedades de vid minoritarias por su potencial para la diversificación de vinos y por su resiliencia al cambio climático (MINORVIN)", financiado por MICINN / AEI / ERDF, EU, y la acción de cooperación de conservación de recursos genéticos en la agricultura 2015-2016.

REFERENCIAS

Díaz-Fernández, Á., Díaz-Losada, E. and Cortés-Diéguez, S. 2022a. Diversity among Traditional Minority Red Grape Varieties According to Their Aromatic Profile. Agronomy 12: 1799-2029.

Díaz-Fernández, Á., Díaz-Losada, E., Moreno, D. and Valdés, E. 2022b. Anthocyanin profile of Galician endangered varieties. A tool for varietal selection. Food Res. Int. 154:110983.

Díaz-Losada, E., Tato Salgado, A., Orriols-Fernández, I., Ramos-Cabrer, A., Pereira-Lorenzo, S. 2013. New Synonyms and Homonyms for Cultivars from Northwestern Spain. Am. J. Enol. Vitic. 64: 156-162.

Díaz-Losada, E., Tato Salgado, A., Ramos-Cabrer, A., Díaz-Hernández, B. and Pereira-Lorenzo, S. 2012. Genetic and geographical structure in grapevines from northwestern Spain. Ann. Appl. Biol. 161: 24-35.

Gaforio, L., Cabello, F. and Muñoz-Organero, G. 2015. Evaluation of resistance to downy mildew in grape varieties grown in a Spanish collection. *Vitis* 54. 187-191.

Khalil, S., Tello, J., Hamed, F. and Forneck, A. 2017. A multivariate approach for the ampelographic discrimination of grapevine (*Vitis vinifer*a) cultivars: application to local Syrian genetic resources. Genet. Resour. Crop Evol. 64:1841–1851.

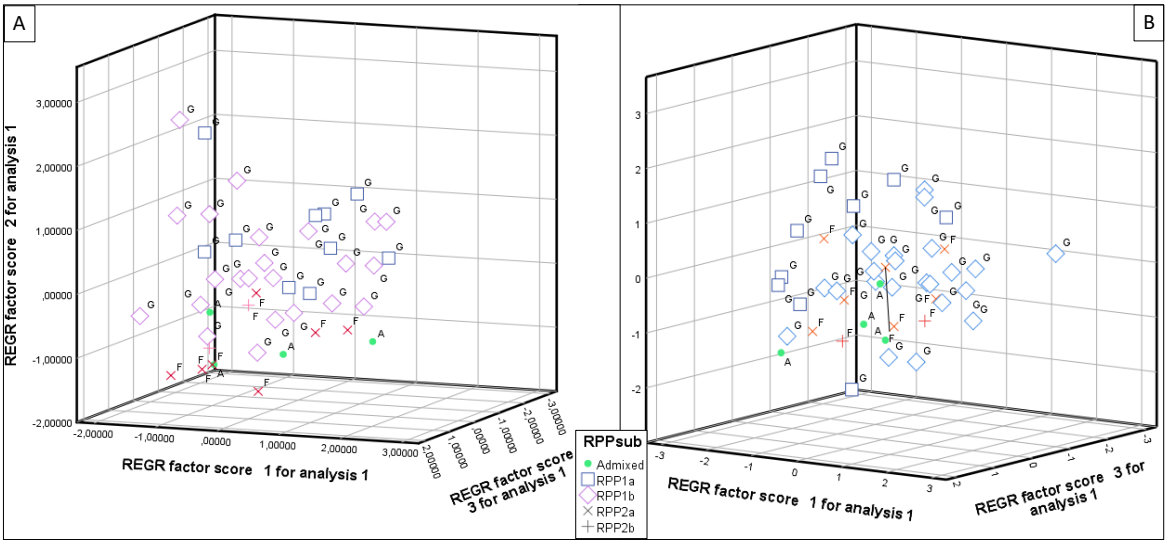


Fig 1. Análisis de componentes principales basado en: A) datos ampelográficos, ampelométricos y de resistencia a mildiu. B) datos fenológicos y de calidad de uva. RPP: poblaciones y subpoblaciones a las que están adscritas las variedades de la EVEGA.

Influencia del factor portainjerto sobre la absorción mineral del cv. Tempranillo

I. Martín*, A. Pou, J. Martínez, L. Rivacoba, J. Portu, D. Labarga, A. Mairata, E. García-Escudero

Instituto de Ciencia de la Vid y del Vino-ICVV (Gobierno de La Rioja, Universidad de La Rioja, CSIC). Finca La Grajera. Ctra. Burgos km. 6. 26071 Logroño (La Rioja)

**Ignacio Martín Rueda: ignacio.martin@icvv.es*

Resumen

En el planteamiento inicial de un viñedo, con condiciones edafo-climáticas muy variadas, la elección adecuada del portainjerto constituye una de las decisiones más importantes para establecer la adaptación de las plantas, tanto en términos de eficacia en la absorción de agua y nutrientes, como en la respuesta fisiológica de la variedad injertada respecto a la distribución de estos, desarrollo vegetativo, producción y calidad de la uva obtenida.

El objetivo de este trabajo es evaluar las diferencias en la absorción de nutrientes del cv. Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) injertado sobre cuatro portainjertos: 110-R, 1103-P, 41-B y 161-49-C en un estudio con cuatro repeticiones entre 1992 y 2021. Se determinaron las concentraciones (mat.seca) de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, B y Na en limbos y pecíolos en floración y envero, los componentes de la producción, madera de poda y de calidad de la uva (pH, ºAlcohólico probable, acidez total, ácidos tartárico y málico, y concentración de potasio). Se aplicó un análisis de la Varianza Multivariante de dos factores (portainjerto y edad) y posterior comparación de medias (Duncan, $p<0.05$). Los resultados muestran a 1103-P como más vigoroso, productivo y consumidor de nutrientes frente a 161-49-C y 41-B.

Palabras clave: nutrición, nutrientes, elementos esenciales, producción, análisis de uva.

INTRODUCCIÓN

La capacidad de adaptación de un portainjerto a las condiciones del suelo, la pluviometría y las temperaturas durante el ciclo condiciona su idoneidad para su utilización en una comarca agrícola. Los portainjertos se seleccionan por su tolerancia a la salinidad, a pHs extremos, a altos contenidos de caliza activa o carbonatos, o a la presencia de nematodos, pudiendo diferir en la afinidad con algunas variedades, y en la absorción y translocación de agua y nutrientes (Martínez et al., 1990; Hidalgo, 1993; Keller, 2010).

Este trabajo evalúa las diferencias entre cuatro portainjertos respecto a la absorción y translocación de nutrientes, la producción y las características cualitativas de la uva en un viñedo injertado con el cv. Tempranillo en La Rioja.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudió una parcela (1992-2021) de *Vitis vinifera* L., injertada en 1991 (cv. Tempranillo, clon RJ-78) sobre cuatro portainjertos: 110-Richter, 1103-Paulsen, 41-B y 161-49 Couderc, dispuestos al azar en un diseño con 4 bloques a modo de repeticiones. La parcela está situada en Aldeanueva de Ebro (La Rioja, España) a una altitud de 340 m, pendiente del 2,5%, densidad de plantación de 3.086 cepas·ha^{-1}, conducción en espaldera (Cordón Royat doble), 10-12 yemas·cepa^{-1}, orientación NE-SO y riego localizado. El mantenimiento incluye laboreo convencional, control de vegetación mediante despuntes y tratamientos fitosanitarios.

El suelo se clasifica como *Haploxerepts* típico (USDA), con textura franca hasta 2 m., sin limitaciones a nivel físico-químico, con pH elevado (8,30 hasta 60 cm), baja conductividad eléctrica (CE) (0,18 mS/cm) y contenido en materia orgánica (1,03%). Se observa presencia moderada de carbonatos (12,8%) y de caliza activa (5,3%), que aumenta en profundidad (26,2% y 11,6%, respectivamente), junto con la CE (0,27 mS/cm). Asimismo, no se observan desequilibrios nutricionales destacables excepto una relación K/Mg algo elevada. Las precipitaciones acumuladas medias (1998-2021) entre noviembre y floración alcanzaron los 284 mm, registrándose 61 mm adicionales hasta envero. Las precipitaciones mostraron ciclos secos (6 años), húmedos (4 años) y en la media los restantes cuatro años.

El estado nutricional del viñedo se evaluó a partir del análisis mineral de limbo y pecíolo en floración y envero, determinándose: N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, B y Na, expresando la concentración en peso seco. La producción de biomasa y el rendimiento se evaluó contabilizando pulgares, pámpanos y racimos por cepa, el peso de uva y de los racimos, así como el peso de la madera de poda, calculándose el Índice de Ravaz.

El estudio estadístico incluyó el análisis de la Varianza, mediante Modelo Lineal General Multivariante con dos factores (portainjerto y edad del viñedo), y prueba post-hoc de separación de medias mediante el Test de Duncan, con un nivel de confianza $p \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los objetivos de producción oscilaron entre los 2,77 kg·cepa^{-1} de 1103-P en 1994 y los 7,79 kg·cepa^{-1} para el mismo portainjerto obtenidos en 2020, por lo que se debe suponer que la disponibilidad nutricional estuvo garantizada durante los años ensayados. Entre portainjertos, el rendimiento no mostró diferencias, oscilando entre los 4,27 kg·cepa^{-1} de 161-49-C y los 4,58 kg·cepa^{-1} de 110-R, sin mostrarlas tampoco en el peso medio del racimo, oscilando entre 330 g para 1103-P y 305 g para 110-R. Sin embargo, tanto la madera de poda como el Índice de Ravaz indicaron que el portainjerto 1103-P presentaría una mayor producción de biomasa y, por tanto, mayor vigor frente a 110-R o 161-49-C, y en mayor medida frente a 41-B, el portainjerto con menor desarrollo y vigor de todos ellos (Fig.1).

Diferencias en el estado nutricional del viñedo

Respecto a la capacidad de absorción de nutrientes, limbos y pecíolos mostraron que el portainjerto 1103-P sería el más eficiente en la captación de macronutrientes (Fig. 2), al presentar las mayores concentraciones de N, P, Ca y Mg tanto en floración como en envero, a pesar de ser el portainjerto con mayor vigor y producción de biomasa. Sin embargo, nutrientes limitantes en el suelo se podrían ver diluidos en este portainjerto debido precisamente a la mayor demanda para sostener su mayor desarrollo y vigor. Este efecto se traduce en concentraciones similares entre el portainjerto más vigoroso, 1103-P, y el menos vigoroso, el 41-B, como para el Mg, elemento menos disponible en el suelo por su elevada relación K/Mg, o el K en floración y el Ca en envero para 161-49-C. En cuanto al Na (Fig. 2), destacaría la capacidad del portainjerto 161-49-C, y en menor medida 110-R, para limitar su absorción o, al menos, su translocación hacia la parte aérea de la planta respecto 1103-P.

Los micronutrientes (Fig. 3), habitualmente limitantes en condiciones de pH elevados, mostrarían también su limitación ante la demanda del portainjerto 1103-P, igualando sus concentraciones con las de los portainjertos menos vigorosos. Así, el Fe mostraría claramente su limitación en floración, estabilizándose en envero al moderarse el desarrollo, mientras que Mn o B mostraron disponibilidad suficiente para sostener los requerimientos de

1103-P.

Por tanto, el portainjerto 1103-P presenta, a similar producción, mayor vigor, biomasa y capacidad de absorción, lo que le sitúa como el mayor consumidor de recursos frente a 161-49-C y 41-B, lo que condicionará el abonado y la gestión de la vegetación. En este sentido, la bibliografía considera a 1103-P tolerante a baja fertilidad en Mg (Hidalgo, 1993; Keller, 2010; Martínez et al., 1990). Por otro lado, el comportamiento de 161-49-C respecto a la absorción y/o transporte de Na podría suponerle cierta resistencia a condiciones salinas, lo que contrastaría con la baja tolerancia a la salinidad que se le atribuye en la bibliografía (Hidalgo, 1993; Keller, 2010; Martínez et al., 1990).

Respecto a la calidad de la uva, todos los portainjertos mostraron bastante similitud, aunque el menor desarrollo de 41-B afectaría a la síntesis de azúcares mientras que 1103-P mostraría un pH ligeramente mayor, debido a la mayor transferencia de K al racimo (Fig. 1).

Agradecimientos

Trabajo financiado por la Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de La Rioja (PRs-01-18 al 21, y anteriores).

Referencias

Hidalgo, L. 1993. Los portainjertos. p. 289-320. En: Tratado de viticultura general. Mundiprensa (Ed.)

Keller, M. 2010. Cultivars, clones, and rootstocks. In The science of grapevines: anatomy and physiology. Elsevier (Ed.)

Martínez, A., Erena, M., Carreño, M., Fernández, J. 1990. Patrones de vid. Cons. Agr., Gan. y Pesca de la Región de Murcia (Ed.)

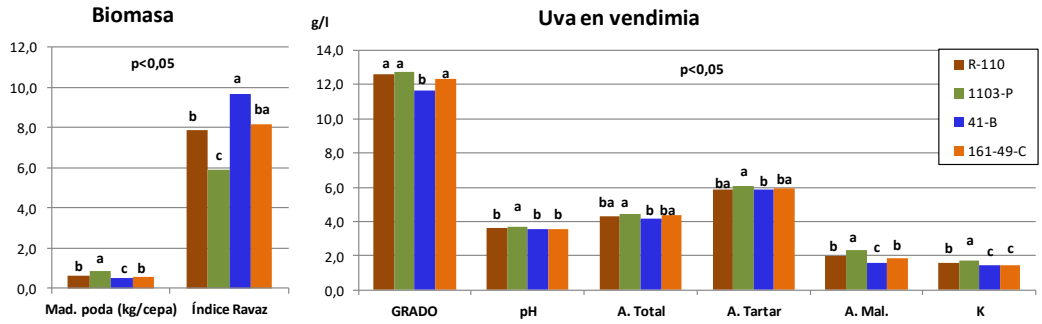


Figura 1. Estimación de la biomasa y características cualitativas de la uva en vendimia.

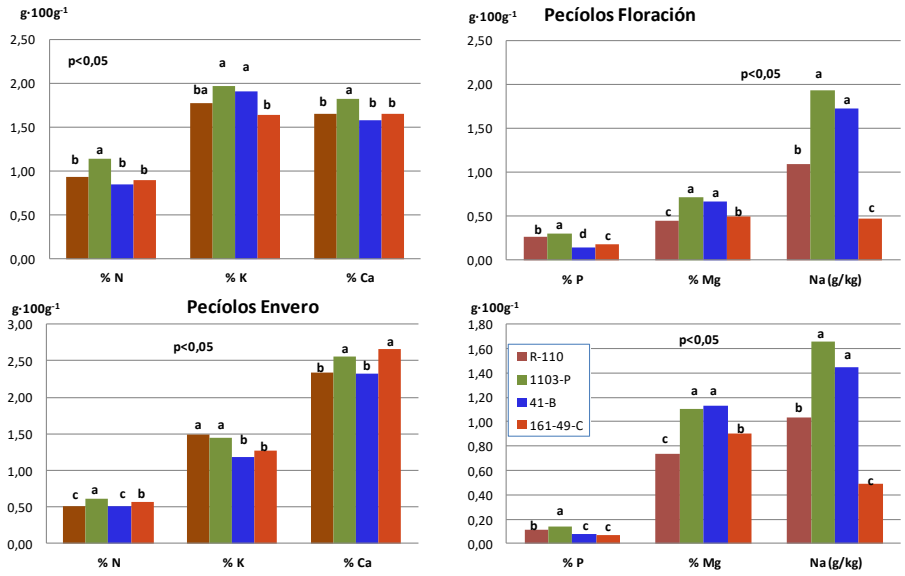


Figura 2. Concentración de macronutrientes en pecíolo, para los momentos fenológicos de floración y envero.

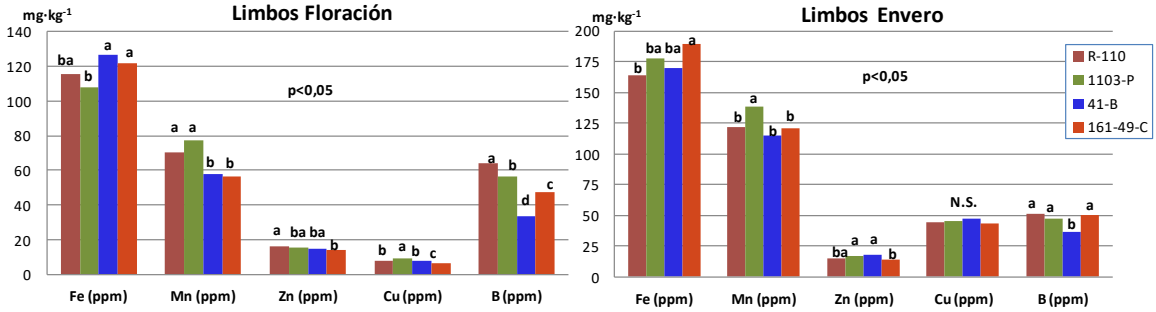


Figura 3. Concentración de micronutrientes en limbo, para los momentos fenológicos de floración y envero.

Calblanque, Calnegre, Gebas y Myrtia: nuevas variedades obtenidas y registradas en el IMIDA adaptadas al clima cálido de la Región de Murcia

José Ignacio Fernández-Fernández[2], Leonor Ruiz-García[1]*, Celia Martínez-Mora[1], Rocío Gil-Muñoz[2], Juan Antonio Bleda[2], Ana Fuentes-Denia[1], Ana Cebrián[2], José Cayetano Gómez-Martínez[2], Maria José Giménez-Bañón[2], Diego José Fernández-López[1], Juan Daniel Moreno[2], Adrián Yepes-Hita[1], Carlos-Ventura Padilla[3], José Antonio Martínez-Jiménez[1], Sergio Lucas-Miñano[3], Eliseo Salmerón[3], Isidro Hita[3], Adrián Martínez-Cutillas[2].

[1]Equipo de Mejora Genética Molecular, Departamento de Biotecnología, Genómica y Mejora Vegetal.

[2]Equipo de Enología y Viticultura, Departamento de Desarrollo Rural, Enología y Agricultura Sostenible.

[3]Servicio de Certificación Sanitaria de Vid.

[1,2,3] Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Medioambiental (IMIDA), C/ Mayor, s/n., 30150, La Alberca (Murcia).

* Autor para correspondencia: leonor.ruiz@carm.es

Palabras clave: Calidad de Uva, Calidad Enológica, Mejora Genética, Sostenibilidad.

Resumen

A finales de los años 90, el IMIDA impulsó un programa de mejora genética de uva de vinificación, para la obtención y selección de nuevas variedades a partir de la variedad de referencia de la zona, 'Monastrell'. Inicialmente, el objetivo planteado fue la selección de nuevas variedades con un contenido fenólico superior al de 'Monastrell' en las condiciones climáticas de la Región de Murcia. Se realizaron cruzamientos de 'Monastrell' por 'Cabernet Sauvignon', 'Syrah', 'Barbera' y 'Tempranillo'. Las nuevas variedades se obtuvieron en la finca experimental 'Hacienda Nueva', situada en la comarca más cálida de la D.O. Bullas, clasificada en una zona climática IH+2, IF-1 e IS+2, de bajo potencial climático para obtener vinos de calidad. Como resultado de este programa de mejora, se han registrado a nivel nacional (RVC, Registro de Variedades Comerciales) y comunitario (CPVO, Community Plant Variety Office), una variedad blanca, 'Calblanque', y dos tintas, 'Gebas' y 'Calnegre', procedentes de hibridaciones de 'Monastrell' por 'Cabernet Sauvignon'; y una variedad tinta, 'Myrtia', procedente de hibridaciones de 'Monastrell' por 'Syrah'. En este trabajo se describen estas nuevas variedades a nivel agronómico y enológico.

INTRODUCCIÓN

Uno de los efectos de la alta temperatura en la calidad de la uva y, por tanto, en la calidad del vino, es la disminución del contenido fenólico, tanto a nivel de antocianos como de fenoles totales. En los últimos años, especialmente en las zonas vitivinícolas del

Mediterráneo, este incremento de temperatura está provocando un desfase entre la madurez tecnológica y la fenólica. Una de las soluciones a este problema es la obtención de nuevas variedades, mediante cruzamientos dirigidos, y la selección de aquellas que presenten un mayor contenido fenólico bajo estas condiciones climáticas, de manera que compense las pérdidas producidas por la alta temperatura.

Con este objetivo, a finales de los años 90 el IMIDA impulsó un programa de mejora genética de uva de vinificación, para la obtención y selección de nuevas variedades, cruzando 'Monastrell', variedad de referencia de la zona, por otras variedades de interés como 'Cabernet Sauvignon', 'Syrah', 'Barbera' y 'Tempranillo'. La finca experimental utilizada ('Hacienda Nueva'), situada en la comarca más cálida de la D.O. Bullas, tiene un clima árido (estepario), con un índice de Huglin IH+2, un índice de frío IF-1 y un índice de sequía IS+2, que la sitúa en una zona de bajo potencial climático para obtener vinos de calidad, ideal para la selección de nuevas variedades adaptadas a estas condiciones tan adversas. De los 3.200 cruces obtenidos y establecidos en campo inicialmente, en este trabajo se presentan los primeros resultados obtenidos del análisis de 1.591 cruces que entraron en producción. Estos resultados iniciales nos han permitido seleccionar y registrar cuatro nuevas variedades que presentan un contenido fenólico muy superior al de 'Monastrell' en clima cálido como el de la Región de Murcia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudiaron 20-25 cepas de 4 variedades nuevas obtenidas mediante cruzamientos dirigidos: 'Calblanque' (blanca), 'Calnegre' y 'Gebas' (tintas) procedentes de las hibridaciones de 'Monastrell' x 'Cabernet Sauvignon', y 'Myrtia' (tinta) procedente de las hibridaciones de 'Monastrell' x 'Syrah'. Todo el material vegetal está injertado sobre el patrón R-110 y está cultivado en la finca experimental 'Hacienda Nueva' (Chaparral, Murcia). Los datos presentados corresponden a los valores medios obtenidos durante 5 años (2017-2021). La caracterización molecular, agronómica y enológica se realizó siguiendo los protocolos descritos en Fernández-López et al. (2022). Los criterios de selección han sido: contenido en antocianos superior a 2.000 $mg \cdot Kg^{-1}$ de uva y en fenoles totales superior a 2.700 $mg \cdot Kg^{-1}$ de uva; ácido málico superior a 2,0 g/L (uva blanca); valores de pH inferiores a 3,80 (uvas tintas) y 3,50 (uvas blancas); distinta época de maduración. Todos los cálculos estadísticos se realizaron con el programa SAS V8.1 (SAS Institute, Cary, NC; 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras una primera evaluación de los 1.591 cruces que inicialmente entraron en producción, basada principalmente en la calidad de la uva (ver material y métodos), en 2003 se injertaron 25 cepas del cruce MC80 ('Calnegre'), en 2007 del cruce MC180 ('Calblanque'), y en 2012 de los cruces MC98 ('Gebas') y MS10 ('Myrtia'), para un estudio más exhaustivo en el que se incluyó además la calidad del vino (microvinificaciones). En el año 2017, estos cuatro cruces fueron seleccionados para ser incluidos en el Registro Nacional de Variedades Comerciales (RVC) con protección comunitaria (CPVO), por lo que se realizó

una solicitud al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, de manera que en marzo de 2018 se entregaron en el Centro de Ensayos de Evaluación de Variedades de Murcia, 10-15 cepas de cada cruce injertadas sobre R-110 (injerto de un año), previamente testadas para la ausencia de los virus ArMV, GFkV, GFLV, GLRaV1, GLRaV2 y GLRaV3. En dicho centro estuvieron bajo examen DHE (Distinguibilidad, Homogeneidad, Estabilidad) durante cuatro años (2018-2021) siguiendo el protocolo oficial de la Oficina Española de Variedades Vegetales. Tras este examen, con fecha del 25/03/2022, quedan inscritas las cuatro variedades en el RVC, y con fecha del 04/04/2022, la CPVO les concede la protección comunitaria (https://www.mapa.gob.es/). La descripción ampelográfica está disponible en la página web del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (https://www.mapa.gob.es/Agricultura/Medios de producción/Oficina Española de Variedades Vegetales/Catálogos nacionales y comunitarios). La caracterización molecular permitió ratificar que se trata de variedades nuevas, distintas entre sí, y confirmó los parentales de las mismas (Tabla 1).

La variedad blanca, 'Calblanque', procedente del cruce de 'Monastrell' x 'Cabernet S.', se vendimia en la 4ª semana de agosto, un mes antes que 'Monastrell' y una semana después que 'Verdejo'. Tiene una producción de más de 9.000 Kg/ha, un peso medio de baya de 1,36 g, y una composición media del mosto en bodega de 11,3 ºBe, una acidez total de 4,81 g/L tartárico, un contenido de ácido málico de 2,91 g/L y un pH de 3,54 (Tabla 2). El vino presenta aromas especiados y de hierbas aromáticas, con buen equilibrio en acidez, muy difícil de conseguir en este clima. En boca presenta notas ligeras de amargor y una sensación final de frescor. 'Calblanque', comparado con 'Verdejo', presenta una mejor tonalidad de color, más intensidad olfativa, mejor calidad en boca, más persistencia y mejor armonía.

Las tres variedades tintas presentan un contenido medio en antocianos y fenoles totales, obtenido separando piel y pepitas (Fernández-Fernández et al., 2020), muy superior al de las variedades parentales (Tabla 3). 'Calnegre' ('Monastrell' x 'Cabernet S.') se vendimia en la 3ª semana de septiembre, una semana antes que 'Monastrell'. Presenta un contenido medio en antocianos de 2.925 $mg \cdot Kg^{-1}$ de uva y un contenido medio de compuestos fenólicos totales de 3.697 $mg \cdot Kg^{-1}$ de uva, muy superiores a los de 'Monastrell' y 'Cabernet Sauvignon'. Tiene una producción de más de 5.401 Kg/ha, un peso medio de baya de 1,06 g, y una composición media del mosto en bodega de 12,8 ºBe, una acidez total de 3,51 g/L tartárico y un pH de 3,67 (Tabla 3).

'Gebas' ('Monastrell' x 'Cabernet S.') se vendimia en la 2ª semana de septiembre, unos veinte días antes que 'Monastrell'. Alcanza un contenido medio en antocianos de 2.934 $mg \cdot Kg^{-1}$ de uva y un contenido medio de compuestos fenólicos totales de 3.151 $mg \cdot Kg^{-1}$ de uva, muy superiores de nuevo a los de 'Monastrell' y 'Cabernet Sauvignon' (Tabla 3). Tiene una producción de más de 7.262 Kg/ha, un peso medio de baya de 1,22 g, y una composición media del mosto en bodega de 13,3 ºBe, una acidez total de 3,10 g/L tartárico y un pH de 3,97.

'Myrtia' ('Monastrell' x 'Syrah.') se vendimia en la 4ª semana de agosto, un mes antes que 'Monastrell'. Presenta un contenido medio en antocianos de 3.533 $mg \cdot Kg^{-1}$ de uva y un contenido medio de compuestos fenólicos totales de 3.521 $mg \cdot Kg^{-1}$ de uva, muy

superiores a los de ‘Monastrell’ y ‘Syrah’ (Tabla 3). Tiene una producción de más de 4.870 Kg/ha, un peso medio de baya de 1,07g, y una composición media del mosto en bodega de 13,5 ºBe, una acidez total de 4,32 g/L tartárico y un pH de 3,64.

El vino elaborado con cada una de las variedades tintas tiene aromas florales, especiados y a fruta madura, y presenta una calidad olfativa, intensidad gustativa, persistencia y valores de color superiores a los de las respectivas variedades parentales. Destaca por su armonía y su perfil mediterráneo, con taninos suaves, que no dejan la boca astringente a pesar de su elevada concentración.

Las distintas épocas de maduración, uno de los criterios de selección, permite una programación de vendimia escalonada (muy interesante en las bodegas) y/o la adaptación a distintas zonas de cultivo. Estas variedades han sido seleccionadas en condiciones de escasez de agua y alta temperatura, especialmente durante el periodo de maduración, por lo que podrían ser muy interesantes para la adaptación de la viticultura al cambio climático y en el desarrollo de una vitivinicultura sostenible en climas tan cálidos como el de la Región de Murcia, manteniendo una producción adecuada y una alta calidad enológica.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo ha sido financiado al 80% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y al 20% por la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (CARM), a través de los proyectos PO07-037, FEDER1420-04 y FEDER1420-29. Los productos de PCR se separaron en la Unidad de Genómica-Universidad Complutense de Madrid.

Referencias

Fernández-Fernández, J.I., Gil-Muñoz, R., Bleda-Sánchez, J.A., Corredor-Cano, J., Moreno-Olivares, J.D., Cebrián-Pérez, A., Martínez-Balsas, D., Gómez-Martínez, J.C., Palencia-Sigüenza, M.S., Carcelén-Cutillas, J.C., et al. 2020. Nuevas variedades procedentes de Monastrell adaptadas a clima cálido. Cosechas 2016–2019. Enólogos, 126: 78–88.

Fernández-López, D.J., Fernández-Fernández, J.I., Martínez-Mora, C., Bleda-Sánchez, J.A., Ruiz-García, L. 2022. Productiveness and berry quality of new wine grape genotypes grown under drought conditions in a semi-arid wine-producing Mediterranean Region. Plants 11: 1363. https://doi.org/10.3390/ plants11101363.

Tabla 1.- Genotipo obtenido con el análisis de 8 marcadores tipo microsatélite.

Variedades	Marcadores tipo microsatélite. Tamaño expresado en pares de bases (pb)							
	Vmc1A12	Vmc8g6	Vvmd27	Vvmd5	Vmc1e11	Vmc5e9	Vvmd28	Vviv67
Monastrell	119 137	139 173	177 187	223 238	188 194	214 228	243 256	357 364
Cabernet S.	121 150	161 165	173 187	229 238	192 196	195 218	233 235	364 372
Syrah	137 150	169 173	187 189	223 229	196 206	218 222	217 227	361 381
Calblanque	121 137	165 173	187 187	223 229	188 192	195 228	233 243	357 372
Calnegre	121 137	165 173	187 187	223 238	194 196	195 214	233 256	357 364
Gebas	119 121	139 165	173 177	223 238	188 196	214 218	235 243	357 372
Myrtia	137 150	139 169	187 189	223 229	188 206	214 218	217 256	357 381

Tabla 2.- Datos de producción y composición del mosto en bodega de variedades blancas.

Variedad	Kilos por cepa	Kilos por ha	Peso 100 bayas (g)	ºBaumé	Acidez Total (g/L tartárico)	pH	Tartárico (g/L)	Málico (g/L)
Verdejo	7,85	17.434	186,75	11,6	4,72	3,54	4,93	2,57
Calblanque	3,37	9.329	135,82	11,3	4,81	3,54	4,88	2,91

Tabla 3.- Datos de producción y composición del mosto en bodega de las variedades tintas.

Variedad	Kilos por cepa	Kilos por ha	Peso 100 bayas (g)	Antocianos (mg/Kg uva)	CFT (mg/Kg uva)[(1)]	ºBaumé	Acidez Total (g/L tartárico)	pH
Monastrell	3,8	8.648	152,2	1.061	1.554	13,5	2,87	3,95
Cabernet S.	3,62	9.658	107,3	1.287	1.905	-	-	-
Syrah	3,36	8.964	132,3	1.897	2.227	-	-	-
Calnegre	1,71	5.401	106,3	2.925	3.697	12,8	3,51	3,67
Gebas	2,48	7.262	121,7	2.934	3.151	13,3	3,1	3,97
Myrtia	2,18	4.870	107,2	3.533	3.521	13,5	4,32	3,64

[(1)] CFT: contenido de fenoles totales (mg/Kg uva) correspondiente a la suma del contenido extraído, por separado, en hollejo y semilla

Variedades minoritarias en la adaptación al cambio climático

Josefina Bota[1*], Elena Baraza[1]; Miquel Capó[1], Josep Cifre[1], María José Clemente-Moreno[1], Enrico Cretazzo[2], Miquel Llompart[1] and Miquel Ribas-Carbó[1]

[1] *Grup de Recerca en Biologia de les Plantes en Condicions Mediterranies, INAGEA, Departament de Biologia, Universitat de les Illes Balears, Carretera de Valldemossa Km 7.5, 07122 Palma de Mallorca, Spain*

[2] *Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA), centro Rancho de la Merced. Carretera Cañada de la Loba (CA3102) PK 3.1, 11471 Jerez de la Frontera, Spain*

* *Autora: j.bota@uib.es*

Palabras clave: Déficit hídrico, *Vitis vinifera*, variedades locales, eficiencia en el uso del agua, fitohormonas

RESUMEN

Entre las diferentes estrategias para hacer frente a los impactos negativos del cambio climático (CC) en la viticultura, la explotación de la diversidad genética es una de las más prometedoras. Se trata de seleccionar cultivares que puedan adaptarse a las nuevas condiciones manteniendo la producción y la calidad. Una de las mayores preocupaciones en el contexto del CC es mejorar la eficiencia en el uso del agua (EUA). En este sentido, el uso de genotipos que presenten una mejor respuesta a la sequía y una elevada EUA es una cuestión clave. En este trabajo, se han evaluado un total de cinco variedades en macetas en condiciones de exterior: dos cultivares locales. Escursac y Callet y tres de amplia distribución, Garnacha, Merlot y Syrah en condiciones control y de déficit hídrico. Se determinó el intercambio de gases en la hoja, la EUA a diferentes niveles (hoja (EUAi) y EUA a largo plazo (δ ^{13}C)) y parámetros de relaciones hídricas como la conductividad hidráulica de la planta (Kh) junto con la evaluación de los niveles de hormonas foliares. Los resultados denotan que los cultivares locales mostraron un mejor comportamiento fisiológico bajo condiciones de estrés en comparación con los cultivares ampliamente distribuidos. Los resultados confirmaron que las señales hormonales se producen antes que las señales hidráulicas y corroboran la hipótesis de que un mejor control estomático mediado por la señalización del ácido abscísico (ABA), permite aumentar la EUA bajo sequía como ocurrió en el cultivar local Callet.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático (CC) puede afectar significativamente al crecimiento y desarrollo de la vid, con claros efectos sobre la producción y la calidad (van Leeuwen et al., 2019). La exploración y explotación de la diversidad genética es una de las opciones para adaptarse a las nuevas condiciones (van Leeuwen et al., 2019). El Catálogo Internacional de Variedades de *Vitis* (VIVC, http://www.vivc.de/) enumera alrededor de 24.500 accesiones que incluyen cultivares, líneas de mejora y diferentes *Vitis* spp. Sin embargo, unas pocas variedades como Cabernet Sauvignon, Merlot, Chardonnay, Sauvignon Blanc y Syrah dominan los viñedos en todo el mundo, mientras que muchos cultivares, ampliamente cultivados en el pasado, son

ahora minoritarios en cada región vitivinícola. La evaluación fisiológica y agronómica es el primer paso para recuperar estos cultivares minoritarios de la extinción y comprobar su capacidad de adaptación al CC. La evaluación de los cultivares locales de las Islas Baleares comenzó en 2001. Desde entonces, diferentes estudios evidenciaron un mejor comportamiento bajo estrés hídrico de algunos cultivares locales en cuanto a sus características fotosintéticas, relaciones hídricas, EUA y perfil metabólico (Bota et al., 2001; 2016; Florez-Sarasa et al., 2020). Dos de los cultivares locales evaluados, Callet y Escursac, fueron los que mostraron un comportamiento más diferenciado en los distintos estudios. A partir de estos resultados anteriores, se planteó la hipótesis de que una alta K_h y un mejor control estomático podrían ser responsables de una mejor EUA bajo déficit hídrico y que los niveles hormonales y sus variaciones podrían explicar esta respuesta a la sequía específica de cada cultivar.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se eligieron cinco cultivares de vid; dos cultivares locales tintos (pre-filoxéricos): Escursac y Callet, el cultivar español, reputado como tolerante a la sequía, Garnacha y dos cultivares de amplia distribución: Merlot y Syrah. El experimento se realizó en el verano de 2016 en condiciones de exterior (campo experimental de la *Universitat de les Illes Balears*), en macetas de 15 L con mezcla de sustrato orgánico y perlita (3:1). Se seleccionaron cuatro plantas por cultivar para cada tratamiento de riego, control (C) y estrés por déficit hídrico (DH). Las plantas control fueron regadas a capacidad de campo durante el experimento, el tratamiento DH se estableció dejando de regar hasta que el contenido de agua alcanzó el 50% de la capacidad de campo. El estado hídrico de las plantas se estimó mediante el potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{PD}). Se midió la fotosíntesis neta (A_N), la conductancia estomática (gs) y la tasa de transpiración (E) en cuatro hojas por cultivar. Las mediciones se realizaron entre las 9:00 y las 12:00h utilizando un sistema de intercambio de gases por infrarrojos (Li-6400, Li-cor Inc., Lincoln, Nebraska, EE.UU.). La eficiencia intrínseca del uso del agua (EUAi) se calculó como la relación entre A_N y g_s. La composición isotópica del carbono en la materia seca de las hojas se midió como en Tomás et al. (2012). Las fitohormonas se extrajeron y analizaron según Großkinsky et al. (2014). La conductividad hidráulica (K_h) de toda la planta se calculó según una analogía de la ley de Ohm del flujo de agua como se describe en El Aou-ouad et al. (2017).

El efecto del estrés por déficit hídrico y del cultivar, así como su interacción, sobre las variables de respuesta se analizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías estableciendo un nivel de confianza del 95%. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el software estadístico JMP 10 (SAS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En condiciones de riego, no se observaron diferencias significativas entre cultivares en la fotosíntesis (A_N) y la conductancia estomática (g_s). La imposición del déficit hídrico dio lugar a una disminución de ambos parámetros en todos los cultivares (Tabla 1). En un estudio reciente, los cultivares Callet y Escursac mostraron una mayor A_N en condiciones de estrés hídrico que los cultivares de amplia distribución Merlot y Syrah (Florez-Sarasa et al., 2020). Sin embargo, en el presente estudio la reducción de A_N fue similar en todos los cultivares. Callet fue el cultivar con mayor reducción de g_s (72%), pero sólo Syrah redujo significativamente el Ψ_{PD} (Tablas 1, 2). A pesar de que todos los cultivares redujeron g_s, sólo Garnacha, considerada tolerante a la sequía, y

el cultivar local Callet aumentaron la EUAi bajo déficit hídrico (Tabla 2). Además, sólo Callet mostró una mayor EUA a largo plazo ($\delta^{13}C$) en condiciones de DH.

La conductividad hidráulica es uno de los factores fisiológicos clave en la regulación estomática de la vid y se ha demostrado anteriormente una relación dependiente del cultivar entre EUA_i y K_h (Martorell et al., 2015). Merlot y Syrah redujeron significativamente K_h bajo DH, mientras que los cultivares locales y Garnacha no lo hicieron (Tabla 2). Además, se observó una correlación significativa entre EUA_i y K_h (datos no mostrados) siendo Garnacha y Callet los cultivares con mayor EUAi bajo DH sin reducciones en K_h.

En cuanto a la respuesta hormonal, el estrés por DH indujo cambios en los niveles de las hormonas endógenas más importantes (Tabla 2). Se observó una fuerte disminución del contenido de trans-zeatina (tZ) en todos los cultivares. Este resultado corrobora el importante papel descrito anteriormente de las citoquininas (Ck_s) en la regulación de la respuesta temprana a la sequía (Granda et al., 2011). El papel del ABA como señal de estrés ha sido ampliamente estudiado en la vid (Marusig y Tombesi., 2020). Como era esperable, todos los cultivares presentaron acumulación de ABA en la hoja por efecto del DH (Tabla 2). Los resultados de tZ y ABA confirmaron que las señales hormonales se producen antes que las hidráulicas, ya que sólo Syrah mostró una reducción significativa de la K_h bajo DH. En Callet, las variaciones mínimas de Ψ_{PD} produjeron cambios similares en las concentraciones de tZ y ABA que en Syrah (Tabla 2). Sin embargo, sólo el cultivar local aumentó tanto la EUA (EUA_i y $\delta^{13}C$), y no redujo la K_h bajo DH. Se encontraron correlaciones positivas significativas entre los parámetros de EUA (EUAi; $\delta^{13}C$) y la concentración de ABA (datos no mostrados). Estos resultados corroboran la hipótesis de que un mejor control estomático en Callet mediado por el ABA y el mantenimiento del K_h permite aumentar la EUA bajo sequía en este cultivar.

Mientras que todos los cultivares siguieron el mismo patrón de respuesta para tZ y ABA, la respuesta para el ácido jasmónico (JA) y el ácido salicílico (SA) fue diferente entre los cultivares (Tabla 2). Sólo los dos cultivares locales aumentaron la concentración de JA siendo significativo en Escursac. Se observó un patrón antagonista para el SA, con reducciones significativas para Escursac y aumentos en el cultivar Merlot bajo DH (Tabla 2). Varios estudios demuestran que las vías de señalización de JA están asociadas con la respuesta al estrés por sequía (revisado por Ali y Baek, 2020). Por otro lado, aunque el papel del SA como respuesta de defensa ha sido ampliamente evaluado, su efecto en la tolerancia a la sequía todavía necesita más investigación.

Los resultados confirmaron la mejor EUA en sequía del cultivar local Callet en comparación con los cultivares de amplia distribución. La conductividad hidráulica de la planta no disminuyó en los cultivares locales y en Garnacha, pero sí en Merlot y Syrah en condiciones de déficit hídrico. El papel de las principales fitohormonas (tZ, ABA, JA y SA) podría explicar las diferencias observadas entre los cultivares Callet y Escursac y los cultivares de amplia distribución. Un control más estricto de la apertura estomática en sequía, mediado por el ABA, es probablemente el responsable del aumento de la EUA en el cultivar local Callet. Este tipo de comportamiento en sequía puede conferir una mejor adaptación a las futuras condiciones climáticas previstas en la zona mediterránea.

AGRADECIMEIENTOS

Este trabajo ha sido financiado a través de los proyectos RTA2013-00068-C03-00 (fondos INIA y FEDER) y RTI2018-094470RC22 financiado por MCIN/ AEI /10.13039/501100011033/ y por FEDER *Una manera de hacer Europa*.

REFERENCIAS

Ali, M. S., & Baek, K. H. (2020). Jasmonic Acid Signaling Pathway in Response to Abiotic Stresses in Plants. International journal of molecular sciences, 21(2), 621.

Bota, J., Flexas, J. & Medrano, H. (2001). Genetic variability of photosynthesis and water use in Balearic grapevine cultivars. Annals of Applied Biology, 138, 353–361.

Bota, J., Tomas, M., Flexas, J., Medrano, H. & Escalona, J. M. (2016). Differences among grapevine cultivars in their stomatal behavior and water use efficiency under progressive water stress. Agricultural Water Management, 164, 91–99.

El Aou‐ouad, H., Pou, A., Tomás, M., Montero, R., Ribas‐Carbo, M., Medrano, H., & Bota, J. (2017). Combined effect of virus infection and water stress on water flow and water economy in grapevines. Physiologia Plantarum, 160(2), 171-184.

Florez-Sarasa, I., Clemente-Moreno, M. J., Cifre, J., Capó, M., Llompart, M., Fernie, A. R., & Bota, J. (2020). Differences in Metabolic and Physiological Responses between Local and Widespread Grapevine Cultivars under Water Deficit Stress. Agronomy, 10(7), 1052.

Granda, V., Cuesta, C., Álvarez, R., Ordás, R., Centeno, M. L., Rodríguez, A., Majada, J. Fernández B. & Feito, I. (2011). Rapid responses of C14 clone of Eucalyptus globulus to root drought stress: time-course of hormonal and physiological signaling. Journal of Plant Physiology, 168:661–670.

Großkinsky, D. K., van der Graaff, E., & Roitsch, T. (2014). Abscisic Acid-Cytokinin Antagonism Modulates Resistance Against Pseudomonas syringae in Tobacco. Phytopathology, 104(12), 1283–1288.

Martorell, S., Diaz-Espejo, A., Tomàs, M., Pou, A., El Aou-ouad, H., Escalona, J. M. & Medrano, H. (2015). Differences in water-use-efficiency between two *Vitis vinifera* cultivars (Grenache and Tempranillo) explained by the combined response of stomata to hydraulic and chemical signals during water stress. Agricultural Water Management, 156, 1-9.

Marusig, D., & Tombesi, S. (2020). Abscisic Acid Mediates Drought and Salt Stress Responses in *Vitis vinifera*-A Review. International Journal of Molecular Sciences, 21(22), 8648.

Tomás, M., Medrano, H., Pou, A., Escalona, J., 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.

van Leeuwen, C., Destrac-Irvine, A., Dubernet, M., Duchêne, E., Gowdy, M., Marguerit, E., Pieri, P., Parker, A., de Rességuier, L. & Ollat, N. (2019). An Update on the Impact of Climate Change in Viticulture and Potential Adaptations. *Agronomy*, *9*, 514.

Tabla 1. Fotosíntesis neta (A_N), conductáncia estomática (g_s), potencial hídrico al amanecer (MPa) en plantas control (C) y con estrés hídrico (DH). Los datos son medias ± E.S. de n= 4 plantas por cultivar y tratamiento. Letras diferentes indican diferencias significativas entre grupos (p < 0,05 a posteriori T-student).

Cultivar	A_N (μmol $CO_2 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)		g_s (mol $H_2O \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)		Ψ_{PD} (MPa)	
	C	DH	C	DH	C	DH
Callet	18.28 ± 1.04c	8.06 ± 1.76a	0.34 ± 0.05e	0.09 ± 0.02a	-0.25 ± 0.03bc	-0.39 ± 0.03ab
Escursac	18.05 ± 0.94c	7.85 ± 0.46a	0.31 ± 0.02de	0.12 ± 0.02ab	-0.29 ± 0.04bc	-0.38 ± 0.04abc
Garnacha	15.71 ± 1.52bc	7.01 ± 0.88a	0.25 ± 0.03cd	0.08 ± 0.02a	-0.37 ± 0.03abc	-0.45 ± 0.01a
Merlot	15.73 ± 1.26bc	5.14 ± 0.36a	0.23± 0.03bc	0.06 ± 0.00a	-0.36 ± 0.04abc	-0.45 ± 0.05a
Syrah	17.38 ± 2.21c	6.63 ± 0.68a	0.29 ± 0.024de	0.09 ± 0.02a	-0.28 ± 0.02bc	-0.48 ± 0.05a

Tabla 2. Mapa de calor sobre las variaciones de los parámetros en los tratamientos estrés por déficit hídrico (DH) y control (C). Los asteriscos denotan cambios significativos (p< 0,05 a posteriori t-student)

Cultivar	Parámetros fisiológicos							Hormonas			
	A_N	g_s	E	Ψ_{PD}	Kh	$\delta^{13}C$	EUA_i	tZ	ABA	JA	SA
Callet	-0.60*	-0.72*	-0.68*	0.57	-0.58	-0.05*	0.56*	-0.76*	1.48*	0.62	-0.04
Escursac	-0.58*	-0.57*	-0.68*	0.33	-0.47	-0.03	0.19	-0.69*	0.43*	1.61*	-0.60*
Garnacha	-0.54*	-0.60*	-0.69*	0.23	-0.52	-0.05	0.49*	-0.63*	1.02*	-0.50*	0.15
Merlot	-0.64*	-0.67*	-0.77*	0.24	-0.74*	-0.01	0.18	-0.55*	0.51*	0.34	0.45*
Syrah	-0.49*	-0.57*	-0.70*	0.71*	-0.64*	-0.04	0.24	-0.71*	1.24*	-0.43	0.29

SESIÓN 2. Ecofisiología vitícola: respuesta a estreses bióticos y abióticos

Estimación del estado hídrico de la vid mediante un modelo de balance hídrico del suelo: Calibración y validación para la variedad Monastrell

J.M. Mirás-Avalos [1*], E.P. Pérez-Álvarez [2], D.S. Intrigliolo [3]

[1] UA-RAMA, Departamento de Sistemas Agrícolas, Forestales y Medio Ambiente (Unidad asociada a EEAD-CSIC Suelos y Riegos). Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA). Avda. Montañana 930, 50059, Zaragoza (Aragón).

[2] Viticultura y Enología Aplicadas (VIENAP). Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV, CSIC-UR-GLR). Finca La Grajera, Ctra. de Burgos Km. 6 (LO-20 - salida 13), 26007, Logroño (La Rioja).

[3] Departamento de Ecología. Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE, CSIC-UV-GVA). Ctra. CV-315, km 10.7, 46113-Moncada, Valencia (Comunidad Valenciana).

**J.M. Mirás-Avalos: jmmiras@cita-aragon.es*

Resumen

El objetivo de este trabajo es calibrar y validar en la variedad Monastrell un modelo de balance hídrico del suelo que predice el potencial hídrico de tallo a mediodía (Ψ_{tallo}), indicador empleado para gestionar el riego de la vid (*Vitis vinifera* L.). El modelo requiere información sobre el suelo de la parcela y la plantación del viñedo, así como de la meteorología de la zona. Esta herramienta se calibró con datos de un viñedo de la variedad Monastrell localizado en Yecla (Murcia). La validación se llevó a cabo bajo diferentes regímenes hídricos durante dos campañas (2020 y 2021). La bondad de ajuste del modelo se cuantificó mediante: error absoluto (EA), error cuadrático medio relativo (ECMR) e índice de concordancia (d). Además, se correlacionaron los Ψ_{tallo} medidos y los simulados. El modelo se calibró satisfactoriamente (EA = 0,087 MPa; ECMR = 0,184 y d = 0,91), pero tendió a proporcionar valores más negativos que los medidos en campo, especialmente al inicio de la campaña. El modelo fue capaz de reproducir la evolución temporal del Ψ_{tallo} durante la campaña tanto bajo riego como secano. Si el usuario ajusta el modelo con la primera medida de Ψ_{tallo}, los indicadores de bondad de ajuste mejoran ostensiblemente (EA = 0,013 MPa, ECMR = 0,025 y d =1). Por tanto, este modelo puede ser una herramienta útil para la gestión del riego en la variedad Monastrell.

Palabras clave: Evapotranspiración, potencial hídrico de tallo, viticultura sostenible.

INTRODUCCIÓN

La toma de decisiones para una gestión eficiente del viñedo requiere considerar multitud de factores que determinan la producción y la calidad de la uva (Knowling et al., 2021). La disponibilidad de agua afecta en gran medida a la producción y a la composición de la uva, por lo que la gestión eficiente del riego es de extrema importancia para la viticultura, en especial bajo el contexto actual de cambio climático (Mirás-Avalos y Araujo, 2021). Para alcanzar un manejo eficiente del riego, se requiere la estimación precisa de las necesidades hídricas del viñedo. Sin embargo, determinar indicadores del estado hídrico del

viñedo es tedioso y caro, por lo que se necesitan herramientas fiables y sencillas para su estimación. En este contexto, el objetivo del presente trabajo es calibrar y validar un modelo de balance hídrico para la variedad Monastrell; este modelo ofrece estimaciones del potencial hídrico de tallo al mediodía, uno de los indicadores para gestionar el riego más empleados en viticultura.

MATERIAL Y MÉTODOS

Descripción del viñedo experimental

Los datos experimentales se recogieron entre 2019 y 2021 en un viñedo privado de la variedad Monastrell (*Vitis vinifera* L.) injertada sobre 110-R, con un marco de plantación de 2,7 × 2,7 m (1.372 cepas ha^{-1}). El viñedo se localiza en Yecla, Murcia, España (38º 35,22' N, 1º 4,7' O, y 558 m sobre el nivel del mar). El suelo es de textura franco arcillo arenosa, calizo y con bajo contenido en materia orgánica (0,77 %). El clima de la zona es mediterráneo continentalizado. El viñedo se regó de forma deficitaria siguiendo el criterio de los propietarios y una zona se mantuvo en secano. Los datos obtenidos en 2019 se utilizaron para calibrar el modelo, mientras que los de 2020 y 2021 se emplearon para validarlo. Semanalmente, se determinó el potencial hídrico de tallo (Ψ_{tallo}) al mediodía (11:30 a 12:30 h) en seis cepas representativas de cada tratamiento empleando una cámara de presión. Las hojas se introdujeron en bolsas de plástico cubiertas con papel de aluminio una hora antes de la medida.

Datos de entrada

Los datos meteorológicos diarios necesarios para rodar el modelo (radiación solar, temperaturas máximas y mínimas, humedad relativa máxima y mínima, velocidad del viento, déficit de presión de vapor y evapotranspiración de referencia) se tomaron de la estación meteorológica gestionada por el Servicio de Información Agraria de Murcia (http://siam.imida.es) más próxima al viñedo de estudio (JU52, Pinillos). Se midieron las características del viñedo necesarias para operar el modelo: localización geográfica, altitud, orientación, marco de plantación y dimensiones del dosel vegetal (altura, anchura y proporción de huecos). Asimismo, se recopilaron datos sobre el suelo del viñedo: fracciones texturales, densidad aparente, contenido en materia orgánica y profundidad. Otros parámetros de entrada necesarios para describir los procesos de evaporación del agua desde el suelo y las integrales térmicas necesarias para alcanzar el crecimiento máximo del dosel vegetal se obtuvieron a partir de la bibliografía (Brisson y Perrier, 1991; Lebon et al., 2003).

Descripción del modelo

El modelo de balance hídrico utilizado se basa en el publicado por Lebon et al. (2003), que considera la evaporación directa del agua desde el suelo y la transpiración de las cepas de manera independiente, expresándose todos los flujos de agua en mm. El modelo se inicia con el suelo a capacidad de campo y el contenido de agua en el suelo se actualiza diariamente, calculando el agua transpirable en el suelo (TSW_d) restante como:

$$TSW_d = (TSW_{d-1} + P_d - ES_d - TV_d) \quad (1)$$

Donde: TSW_{d-1} es el agua transpirable que permanece en el suelo desde el día anterior, P_d, ES_d y TV_d son, respectivamente, la precipitación, la evaporación directa de agua desde el suelo y la transpiración de la cepa en el día de cálculo.

La transpiración de la cepa está relacionada con la radiación global absorbida por el dosel vegetal, que se calcula a partir de las dimensiones del dosel y las características de la plantación de acuerdo con Riou et al. (1989). El efecto del estrés hídrico sobre la transpiración de la cepa se simula con una función bilineal (Lebon et al., 2003). La

evaporación directa de agua desde el suelo se estima con el modelo propuesto por Brisson y Perrier (1991).

A partir de este balance hídrico se calcula el potencial hídrico foliar antes del amanecer (Ψ_{alba}), que se transforma en Ψ_{tallo} empleando una relación obtenida a partir de datos de ocho variedades de vid españolas (n = 392, R^2 = 0,5987):

$$\Psi_{tallo} = 1{,}1523 \times \Psi_{alba}^2 + 2{,}7327 \times \Psi_{alba} - 0{,}2175 \quad (2)$$

Análisis estadístico

Las relaciones entre valores de Ψ_{tallo} observados y simulados se evaluaron mediante regresión lineal, empleando el coeficiente de correlación r de Pearson. La bondad de ajuste de las salidas del modelo se evaluó mediante tres indicadores (Yang et al., 2014): error absoluto (EA), error cuadrático medio relativo (ECMR) e índice de concordancia (d).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó una correlación significativa entre valores de Ψ_{tallo} medidos y simulados para el conjunto de datos de calibración (regadío en 2019), el EA fue inferior al 10% y d fue elevado (Tabla 1). A pesar de cierta falta de precisión, la representación de la dinámica temporal de los valores de Ψ_{tallo} (Fig. 1a) es adecuada, aunque el modelo tiende a proporcionar valores más negativos hacia finales de campaña. En cuanto a la validación del modelo, las estimaciones de Ψ_{tallo} mostraron un elevado nivel de concordancia con los datos observados (Tabla 1). Sin embargo, los indicadores de bondad de ajuste presentaron una gran variabilidad dependiendo del escenario simulado (Tabla 1). Así, "r" varió entre 0,97 y 0,99, EA entre -0,18 y 0,12 MPa, ECMR entre 0,03 y 0,33, y d entre 0,84 y 1. Las discrepancias entre valores medidos y simulados pueden deberse a varios factores como el empirismo de algunas rutinas (cálculo del potencial hídrico de la vid a partir del contenido de agua en el suelo) y la necesidad de una parametrización más precisa del modelo, especialmente el cálculo de la radiación interceptada por el dosel vegetal (Riou et al., 1989) y la evaporación de agua desde el suelo (Brisson y Perrier, 1991). A pesar de estas discrepancias, el modelo proporcionó estimaciones fiables de Ψ_{tallo} para la variedad Monastrell bajo las condiciones de estudio, especialmente cuando se ajustó con el primer valor de Ψ_{tallo} medido durante la campaña (Fig. 1b). Además, el modelo presenta ventajas para su uso práctico en la toma de decisiones para la gestión de viñedos con respecto a otros modelos (Knowling et al., 2021).

En conclusión, se calibró y validó un modelo de balance hídrico para estimar el Ψ_{tallo} en la variedad Monastrell. El modelo fue capaz de estimar satisfactoriamente la dinámica de Ψ_{tallo} bajo diferentes regímenes hídricos. El ajuste del modelo utilizando el valor medido de Ψ_{tallo} a inicios de campaña proporcionó unas estimaciones muy precisas. Por lo tanto, este modelo podría convertirse en una herramienta útil para gestionar el riego en el viñedo y llevar a cabo zonificaciones en función del estado hídrico esperado. En el caso de que en el viñedo objetivo existiese una zonificación debida a diferentes características del suelo, conociéndose estas, el modelo puede rodarse independientemente para cada zona, obteniendo estimaciones más precisas del estado hídrico del viñedo, al considerar la variabilidad espacial de las propiedades del suelo.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto (PDC2021-121210-C21) financiado por MICIN/AEI

10.13039/501100011033 y por la Unión Europea Next GenerationEU/ PRTR.

REFERENCIAS

Brisson, N. y Perrier, A. 1991. A semiempirical model of bare soil evaporation for crop simulation models. Water Resour. Res. 27(5):719-727.

Knowling, M.J., Bennett, B., Ostendorf, B., Westra, S., Walker, R.R., Pellegrino, A., Edwards, E.J., Collins, C., Pagay, V. y Grigg, D. 2021. Bridging the gap between data and decisions: A review of process-based models for viticulture. Agric. Syst. 193:103209.

Lebon, E., Dumas, V., Pieri, P. y Schultz, H.R. 2003. Modelling the seasonal dynamics of the soil water balance in vineyards. Funct. Plant Biol. 30:699-710.

Mirás-Avalos, J.M. y Araujo, E.S. 2021. Optimization of vineyard water management: Challenges, strategies, and perspectives. Water 13(6):746.

Riou, C., Valancogne, C. y Pieri, P. 1989. Un modèle simple d'interception du rayonnement solaire par la vigne – vérification expérimentale. Agronomie 9:441-450.

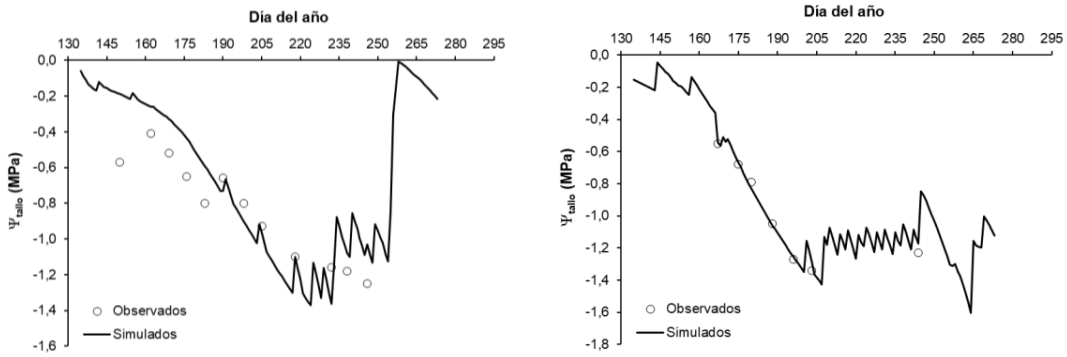
Yang, J.M., Yang, J.Y., Liu, S. y Hoogenboom, C. 2014. An evaluation of the statistical methods for testing the performance of crop models with observed data. Agric. Syst. 127:81-89.

Tablas

Tabla 1.- Indicadores de bondad de ajuste del modelo de balance hídrico del viñedo para cada escenario considerado en este estudio. Abreviaturas: r = coeficiente de correlación de Pearson; EA = Error absoluto; ECMR = Error cuadrático medio relativo; d = índice de concordancia. Las unidades son MPa excepto para r y d, que son adimensionales. El asterisco indica que el modelo se ajustó con la primera medida en campo de potencial hídrico.

Año	Tratamiento	Indicadores de bondad de ajuste				
		Ecuación	r	EA	EMCR	d
2019	Regadío	Y = 0,9277x	0,98	0,087	0,184	0,91
2020	Secano	Y = 1,1953x	0,98	-0,166	0,296	0,89
	Regadío	Y = 1,2224x	0,97	-0,183	0,330	0,84
	Secano	Y = 0,9153x	0,99	0,119	0,135	0,99
2021	Secano *	Y = 1,0149x	0,99	-0,014	0,075	1,00
	Regadío *	Y = 0,9823x	0,99	0,013	0,025	1,00

Figuras



a) b)

Fig. 1. Evolución temporal de los valores observados y simulados de potencial hídrico de tallo a mediodía (Ψ_{tallo}) para la variedad Monastrell bajo condiciones de regadío en Yecla en 2019 (a) y 2021 (b).

La eficiencia en el uso del agua: un criterio de sostenibilidad del viñedo a considerar en nuevos programas de selección genética de la vid

Escalona J.M.[1,2], Buesa I. [2], Tortosa I. [1], Hernández, E.[1], Rosello M.[1] Santesteban L.G.[3,4], Torres N.[3,4], Villa-Llop, A.[3,5], Bota J. [1,2], Medrano H[1,2].

[1]Research Group on Plant Biology Under Mediterranean Conditions, Department of Biology, University of Balearic Islands (UIB). Ctra. Valldemossa km 7,5 E-07122 Palma, Balearic Islands.

[2]Agro-Environmental and Water Economics Institute-University of Balearic Islands (INAGEA-UIB). Ctra. Valldemossa km 7,5 E-07122 Palma, Balearic Islands.

[3] Dpto de Agronomía, Biotecnología y Alimentación, Universidad Pública de Navarra (UPNA), Campus Arrosadia, 31006 Pamplona, Navarra

[4]Institute for Multidisciplinary Research in Applied Biology (IMAB-UPNA), Public University of Navarra, Campus Arrosadia 31006 Pamplona, Navarra

[5] Vitis Navarra S.A.T., Carr. NA 132 km 18, Larraga, Navarra

Autor para correspondencia: jose.escalona@uib.es

RESUMEN

La escasez de agua es uno de los principales factores limitantes para el cultivo de la vid en las regiones semiáridas, problema que va en aumento en un contexto de cambio climático. Para abordar este desafío, podría ser útil considerar la eficiencia en el uso del agua (EUA) de las plantas como un nuevo criterio en los programas de mejora actuales y futuros. En este trabajo se exponen resultados obtenidos en experimentos de campo y macetas bajo diferentes condiciones ambientales y condiciones de disponibilidad de agua realizados en los últimos 8 años al objeto de evaluar la variabilidad en la EUA entre genotipos (cultivares de vid, clones y portainjertos) a partir de la relación fotosíntesis/conductancia estomática (A_N/g_s) y de la discriminación isotópica del carbono ($\delta^{13}C$). Los resultados mostraron una variación significativa de la EUA entre variedades locales de Baleares y cultivares comerciales, explicada por las diferencias en capacidad de regulación estomática frente al déficit hídrico. Por otra parte, se encontró hasta un 30% de variabilidad en la EUA intravarietal en 'Tempranillo' y 'Garnacha', principalmente en condiciones de estrés hídrico moderado. Aunque las condiciones ambientales y estacionales afectan a esta variabilidad inter- e intravarietal, se llevó a cabo un análisis multinivel que permitió clasificar los genotipos por su EUA. Respecto a los portainjertos, los experimentos de campo y maceta mostraron una gran variabilidad tanto en la regulación del estado hídrico de la planta como de la EUA. Esta variabilidad estuvo claramente relacionada con la conductancia hidráulica de la planta. Estos resultados respaldan el interés de explorar los recursos genéticos de la vid para hacer frente a los efectos del cambio climático en la viticultura considerando la EUA como criterio para los programas de selección.

Palabras clave: clon, intercambio de gases, portainjerto, sequía, variedad, *Vitis vinifera*

INTRODUCCIÓN

Las proyecciones del clima instan a la búsqueda de nuevas soluciones de adaptación y mitigación que permitan el mantenimiento de la actividad vitícola en zonas semiáridas y áridas de España. Una de las vías de adaptación es la búsqueda de genotipos más eficientes en el uso de recursos, fundamentalmente de agua, elemento cada vez más escaso que compromete la viabilidad y sostenibilidad del viñedo. La eficiencia en el uso del agua (EUA) se puede definir a distintos niveles, desde a nivel de la hoja hasta de parcela. Así, a nivel foliar, la EUA se puede calcular como la relación entre la fotosíntesis (A_N) y la transpiración foliar (EUA instantánea) o la conductancia estomática (g_s) foliar (EUA intrínseca). A nivel de planta entera, la EUA se define como la relación entre la relación entre la cosecha y el agua aplicada (EUA_c). Los estudios de caracterización fisiológica de genotipos por su EUA consideran en general la definición a nivel foliar. Además, hay otros indicadores de la EUA muy utilizados en literatura como es la discriminación isotópica de carbono ($\delta^{13}C$), que medida en la uva integra las condiciones hídricas en las que se desarrolla la planta y el fruto (Santesteban, 2019). En este trabajo se pretende mostrar algunos avances en la selección de genotipos de vid (portainjertos, variedades y clones) considerando las mencionadas escalas de definición de la EUA. Para ello, se analizan resultados obtenidos en experimentos de comparación de respuesta al estrés hídrico tanto en condiciones de campo como de maceta en el marco del proyecto WANUGRAPE. El objetivo principal es cuantificar el grado de variabilidad en EUA entre genotipos, la identificación de genotipos más eficientes en el uso del agua y determinar los mecanismos fisiológicos que subyacen en dicha variabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio de la variabilidad inter-varietal de la EUA se ha llevado a cabo en una selección de 23 genotipos de ámbito local, nacional e internacional, en la finca la Grajera, situada La Rioja. La evaluación intravarietal de la EUA se ha estudiado considerando un total de 24 clones de Tempranillo y 11 clones de Garnacha, en experimentos en campo en parcelas y colecciones experimentales situadas en Logroño, ICVV, Haro (La Rioja) y Miranda de Arga (Navarra), así como en diversos experimentos en macetas. En los estudios de portainjertos, se han evaluado en campo los efectos de los portainjertos al comportamiento de la vinífera (Tempranillo) y sus respuestas al estrés hídrico. Además, en condiciones de maceta, se ha evaluado la respuesta al déficit hídrico en un total de 7 portainjertos comerciales, 6 portainjertos de la serie RG y 2 portainjertos seleccionados de la serie EVEX. Los experimentos en campo se han llevado a cabo a lo largo de tres campañas y los de maceta durante dos años consecutivos. En todos ellos, se han impuesto diferentes condiciones de disponibilidad de agua en el suelo, desde condiciones no limitantes a condiciones de estrés hídrico severo y se ha caracterizado la respuesta de los genotipos en cada una de ellas. En el caso de los estudios en maceta de comparación de portainjertos, también se ha considerado la respuesta a la recuperación hídrica.

Se han realizado medidas de relaciones hídricas, crecimiento, superficie foliar, intercambio de gases y otras medidas ecofisiológicas en cada situación hídrica evaluada, así como la biomasa, producción, y la discriminación isotópica de carbono en uva en vendimia. En muestras de hoja se ha determinado el potencial osmótico, y en muestras de uva el ratio isotópico del carbono ($\delta^{13}C$). También se han realizado medidas morfológicas y anatómicas radiculares y se ha calculado la conductancia hidráulica (K_h) de la planta entera como el cociente entre la diferencia de potencial

hídrico foliar al amanecer (Ψ_{alba}) y a mediodía (Ψ_{tallo}) y la transpiración de la planta. A partir de las medidas realizadas, se ha podido determinar el grado de variabilidad en la EUA_i, EUA_c y $\delta^{13}C$, e identificar los mejores genotipos en EUA, así como establecer los mecanismos fisiológicos que determinan dicha variabilidad.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en los ensayos de comparación de variedades mostraron diferencias significativas en la capacidad de regulación estomática de la fotosíntesis, que implicaron también diferencias en la EUA_i en un rango de g_s entre 75 y 120 mmol CO_2 mol^{-1} H_2O (Figura 1). Estas diferencias también se observaron en los valores de $\delta^{13}C$ (datos no mostrados). El análisis conjunto de los datos permitió clasificar las variedades estudiadas por su capacidad de ajuste bajo condiciones de estrés hídrico (Bota el al., 2016).

Los ensayos de campo y experimentos en maceta de comparación de clones han permitido cuantificar hasta un 30% de variabilidad intravarietal en la EUA_i. Esta variabilidad es mayor en condiciones de estrés moderado y menores en condiciones no limitantes (Figura 2). Los efectos ambientales y de añada influyen claramente en el ranking de clones según su EUA tanto en Tempranillo (Tortosa et al., 2019) como en Garnacha (Buesa et al., 2021). Por ello, se observó una cierta inconsistencia en el ranking de los clones entre los resultados de campo y de maceta (Tortosa et al., 2016; 2019; 2020). En el caso de la variedad Garnacha, los diferentes indicadores de EUA utilizados mostraron una mayor consistencia que en Tempranillo (Buesa et al., 2021; 2022), lo que sugiere que los clones de esta variedad muestran un comportamiento más estable frente al estrés y a los efectos ambientales. Además, recientemente se ha podido dilucidar que ciertos parámetros fotosintéticos como la capacidad de carboxilación y la respiración en oscuridad parecen determinar dichos comportamientos (Tortosa et al., 2022). Esto se ha logrado a partir de los parámetros derivados de la curvas presión-volumen y curvas de respuesta de la fotosíntesis al CO_2 realizadas en clones de Tempranillo de respuesta contrastada.

Finalmente, en el análisis de los resultados obtenidos de los ensayos de campo de evaluación de los efectos del portainjerto en la vinífera, se han observado efectos significativos en el estado hídrico (Ψ_{tallo}) y en parámetros fotosintéticos (A_N, g_s). Por lo tanto, el portainjerto también ejerció un efecto muy determinante en la EUA_i. Uno de los factores que determina estas variaciones entre portainjertos ha sido la conductancia hidráulica (K_h) a nivel de planta entera, tanto bajo condiciones de no estrés como de estrés, así como la capacidad y velocidad de recuperación de la pérdida de K_h que se produce bajo estrés hídrico (Figura 3). De hecho, la K_h parece regular de una manera muy significativa el vigor de la parte aérea y la EUA_c. Actualmente, se están evaluando otros aspectos que pueden modular la respuesta de los portainjertos en EUA como son la anatomía del sistema vascular, la regulación hormonal y el metabolismo primario y secundario.

Como conclusión final, los resultados muestran una variabilidad muy relevante en la EUA entre genotipos de vid a todos los niveles de estudio, variedades, clones de una misma variedad y portainjertos. Estos resultados pueden ser considerados en futuros programas de mejora y en el sector viverístico con el objeto de mejorar la sostenibilidad de la viticultura en ambientes semiáridos en los que el agua es el factor más limitante.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el MICIN y fondos FEDER en el marco de los proyectos AGL2014-54201-C4-1-R, AGL2017-83738-C3-1-R y PDC2021-121210-C22.

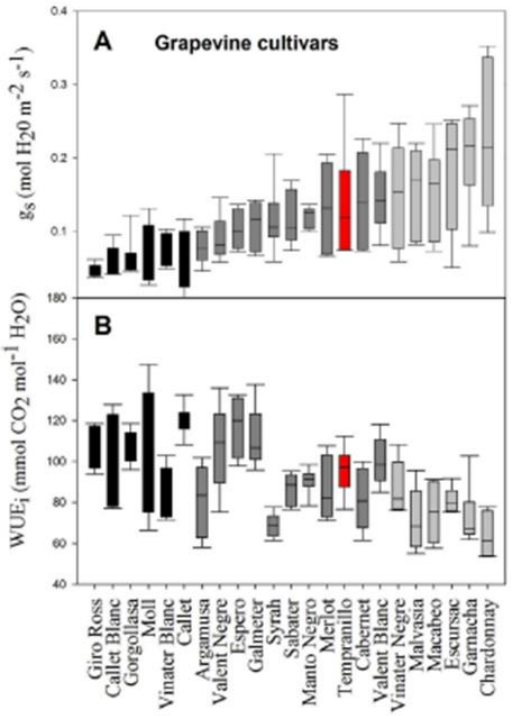


Figura 1. Valores medios de la conductancia estomática (A) y la eficiencia intrínseca en el uso del agua (B) a lo largo de una campaña de datos en 23 variedades de vid. (Bota el at, 2016).

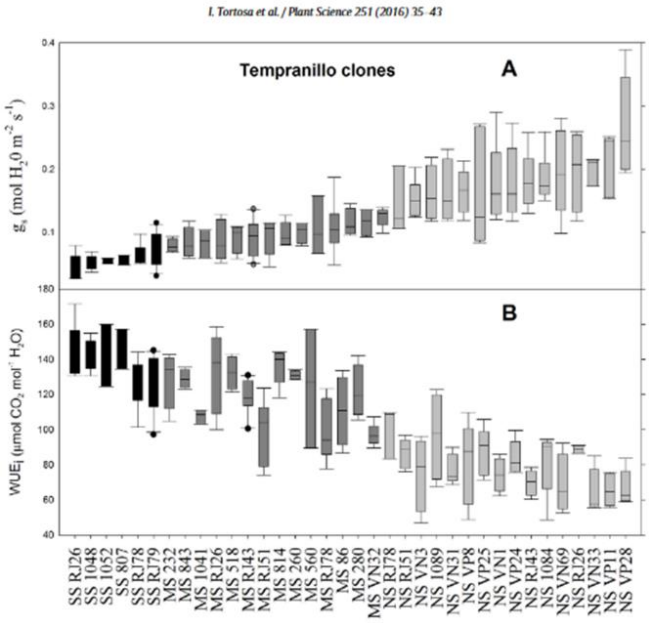


Figura 2. Variabilidad interclonal de la conductancia estomática (A) y la eficiencia intrínseca del uso del agua (B), medida en una colección de clones de Tempranillo (Tortosa et al 2016).

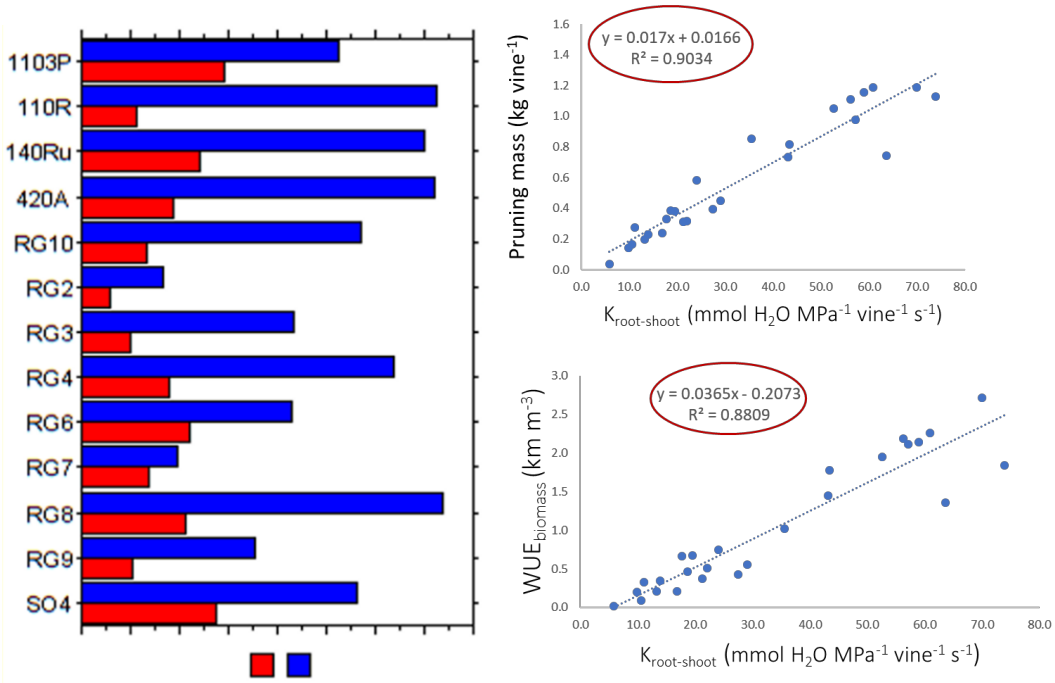


Figura 3. Conductancia hidráulica a nivel de planta medida bajo condiciones de estrés (rojo) y no estrés (azul) y su relación con la eficiencia intrínseca en el uso del agua y el peso de madera de poda.

Bibliografía

Bota, J. et al. 2016. Differences among grapevine cultivars in their stomatal behavior and water use efficiency under progressive water stress. Agric. Water Manag. 164, 91-99.

Buesa et al. 2021. Intracultivar genetic diversity in grapevine: water use efficiency variability within cv. Grenache. Physiol. Plant. 1-12.

Buesa et al. 2022. Unraveling the physiological mechanisms underlying the intracultivar variability of water use efficiency in *Vitis vinifera* 'Grenache'. Plants. In press.

Santesteban, LG. et al. 2019. Discrimination ability of leaf and stem water potential at different times of the day through a meta-analysis in grapevine (*Vitis vinifera* L.) Agric. Water Manag. 221.

Tortosa, I. et al. 2016. Exploring the genetic variability in water use efficiency. Evaluation of inter and intra cultivar genetic diversity in grapevines Plant Sci. 251, 35-43

Tortosa, I. et al. 2019. Variability in Water Use Efficiency of grapevine Tempranillo clones and stability over Years at field conditions. Agronomy 9: 701

Tortosa, I. et al. 2020. Clonal Behavior in Response to Soil Water Availability in Tempranillo Grapevine cv: From Plant Growth to Water Use Efficiency. Agronomy 10, 862; doi:10.3390/agronomy10060862

Tortosa, I. et al. 2022. Genotype Variations in Water Use Efficiency Correspond with Photosynthetic Traits in Tempranillo Grapevine Clones. Agronomy 12, 1874.

Isohídrico y Anisohídrico dos comportamientos en la vid para una misma variedad.

L.A. Mancha*, D. Uriarte y M.H. Prieto.

Área de Agronomía de Cultivos Leñosos y Hortícolas, Instituto de Investigaciones Agrarias "Finca La Orden-Valdesequera", CICYTEX, Junta de Extremadura, Guadajira, Badajoz.

**L.A. Mancha: luisalberto.mancha@juntaex.es*

Palabras clave. Transpiración, Estado hídrico, Desarrollo Vegetativo, Flujo de Savia, Regulación estomática.

Resumen

Existe cierta controversia en relación con el comportamiento estomático de la vid, en condiciones de estrés hídrico. Algunos autores la consideran isohídrica, mientras que otros consideran que el comportamiento depende de la variedad. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del estrés hídrico sobre la transpiración de cepas de la variedad "Tempranillo" y sobre el desarrollo vegetativo y productivo. En este trabajo presentamos los resultados de dos años de ensayo, de la comparación de un tratamiento de secano con uno de riego según necesidades hídricas, durante dos campañas. Las medidas efectuadas fueron la transpiración, obtenida a partir de la medición del flujo de savia (T_{SF}); la evolución del potencial hídrico del tallo al mediodía (ψ_{tmd}); la radiación PAR interceptada por el cultivo (FiPAR); y la producción. Los datos meteorológicos para el cálculo de la Evapotranspiración de referencia (ET_o), se obtuvieron de una estación agrometeorológica cercana. En la primera campaña se obtuvo una buena correlación entre la ET_o y el ψ_{tmd} de secano que apunta a un comportamiento anisohídrico, mientras que en la segunda esa correlación fue inexistente. El tratamiento de secano tuvo en ambos años inferior T_{SF} que el de riego, pero a diferencia de la primera campaña, en la segunda hubo una caída drástica de la T_{SF} en estas cepas, lo que apunta a un cierre estomático. La drástica regulación estomática de las cepas en secano durante el segundo año, mantuvo el ψ_{tmd} menos negativo, coincidiendo con un mayor desarrollo vegetativo, hasta el envero, similar al del riego no limitado, y con altos rendimientos. De este estudio se puede concluir que el comportamiento isohídrico o anihídrico de la viña es variable y puede depender de cuando y como se establece el estrés hídrico de las cepas, que viene condicionado por las condiciones meteorológicas y la pauta de desarrollo del viñedo.

INTRODUCCIÓN

La optimización de la relación entre la ganancia de carbono y la pérdida de agua ha dado lugar a diferencias adaptativas entre variedades, con comportamientos desde isohídricos a anisohídricos. El comportamiento anisohídrico se refiere a una disminución sustancial del potencial hídrico foliar al mediodía, a medida que se desarrolla el déficit hídrico, mientras que el isohídrico mantiene un potencial hídrico más favorable a través del cierre estomático en las etapas iniciales del estrés. Este comportamiento isohídrico o anisohídrico de ciertos genotipos de *Vitis vinifera, L* difieren en términos de vulnerabilidad del xilema a la cavitación, así como en términos de conductividad hidráulica del pecíolo, y la coordinación de estos rasgos produce diferentes respuestas estomáticas en condiciones de estrés hídrico (Tombesi et al., 2014). Sin embargo, es difícil encuadrar los genotipos en uno

u otro grupo ya que las circunstancias ambientales pueden modificar dicho comportamiento (Blanco-Cipollone et al., 2017).

Dentro de una misma campaña, estos mecanismos de regulación producen efectos sobre el crecimiento y desarrollo, de tal manera que un estrés hídrico, incluso leve, puede inhibir el crecimiento de las cepas, reduciendo el desarrollo vegetativo, lo que redundará en una disminución de los consumos hídricos (Parry et al., 2019).

El objeto de este trabajo fue poner de manifiesto la importancia de las condiciones ambientales anuales en la respuesta estomática de las cepas, y por tanto en su comportamiento iso o anisohídrico.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo durante las campañas agrícolas de 2012 y 2013 en un viñedo experimental de "Tempranillo" de 1,7 ha, situado en la "Finca La Orden", Badajoz, España. Esta viña, plantada en 2001, estaba injertada en patrón Richter 110, conducida en espaldera y formada en doble cordón Royat dejando 6 pulgares por planta y 2 yemas por pulgar. El marco de plantación es de 2,5 × 1,20 m, con una altura de tronco de 0.60 m y una altura de la espaldera de 1,50 m, en una orientación de filas Este-Oeste. Más información en (Mancha et al., 2021b).

Los datos agrometeorológicos fueron obtenidos de una estación cercana al ensayo, a 100 m del mismo, con las características descritas por (Martí et at., 2015).

En el viñedo experimental se establecieron 2 tratamientos: Riego y Secano con un di-seño de bloques al azar con 4 repeticiones por tratamiento. En el bloque 3 se seleccionaron 4 cepas por cada tratamiento para la instalación de sensores de flujo de savia, siendo dos de ellas las cepas de un lisímetro de pesada existente.

Las viñas se regaron diariamente con un sistema de riego por goteo con 2 emisores autocompensantes por cepa (4 l h^{-1} para cada gotero). El riego comenzó al alcanzar un valor umbral de potencial hídrico de tallo a mediodía (ψ_{tmd}) de -0.6 MPa, para evitar situaciones de estrés hídrico, de acuerdo con Williams y Baeza (2007). En cada riego se aplicó un volumen de agua igual a la consumida (100 % ET_c), cuantificada con un lisímetro de pesada existente (Picón-Toro et al., 2012).

El desarrollo vegetativo se caracterizó determinando la FiPAR, siguiendo la metodología descrita por Mancha et al., (2021a). Los valores de FiPAR en secano para los años considerados se obtuvieron a partir de la relación empírica entre LAI y FiPAR obtenida por Mancha et al., (2021b).

El ψ_{tmd} se midió sobre hoja embolsada al menos 2 horas antes, según se indica en Shackel, (2007). Las medidas se realizaron con una cámara de presión tipo Scholander (Soil Moisture Corp., Modelo 3500, Santa Bárbara, CA, EE.UU.), en 2 hojas por parcela experimental (1 por cepa), con una periodicidad semanal.

La determinación de la producción se realizó sobre todas las parcelas experimentales (p.e.) (10 cepas por p.e.).

La T_{SF} de las cepas fue cuantificada mediante sensores de flujo de savia, desarrollados y ensamblados por el IAS-CSIC de Córdoba, tal y como se explica en Mancha et al., (2021b). Se monitorizaron 4 cepas en la parcela experimental de Riego en el bloque III, dos de ellos instalados en las cepas localizadas en el lisímetro de pesada, mientras que los otros cuatro sensores se instalaron en cepas de la parcela experimental de Secano del mismo bloque.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los dos años objeto de estudios fueron muy dispares en cuanto a meteorología, con precipitaciones anuales de 378 mm y 585 mm para los años 2012 y 2013 respectivamente, registrándose en las fases iniciales del cultivo (marzo a mayo) 95 mm y 219 mm para 2012 y 2013 respectivamente (Datos no mostrados). Estas circunstancias meteorológicas condicionaron la respuesta de las cepas al manejo de riego, con FiPAR similares entre Riego y Secano hasta el inicio de la maduración y producciones del secano elevadas (17300 $kg \cdot ha^{-1}$) en el año 2013 (Fig. 1F), frente a las marcadas diferencias en FiPAR y baja producción del secano en el año 2012 (Fig. 1E).

En relación al estado hídrico, las cepas del tratamiento de riego mantuvieron valores de ψ_{tmd} constantes a lo largo del ciclo, en torno a -0,6 MPa (Fig. 1C y D). Aunque, en los dos años, el secano alcanzó valores de ψ_{tmd} más bajos que el Riego, hubo notables diferencias entre 2012 y 2013, con mayores diferencias y desde etapas más tempranas en 2012 (Fig. 1C y D).

En cuanto al consumo hídrico, caracterizada por la T_{SF} de las cepas, como cabía esperar, hubo una marcada diferencia entre riego y secano, con incrementos de T_{SF} en el riego hasta envero, interrumpidos por los despuntes, para posteriormente iniciar el descenso, acorde con la ET_o (Fig. 1A y B) (Mancha et al., 2021b). Cabe destacar la caída de la T_{SF} en el secano en 2013, lo que indica un cierre estomático que amortiguó la caída de ψ_{tmd} en ese periodo (Fig. 1B y D).

En condiciones de baja disponibilidad de agua, el mayor tamaño del dosel vegetal supone una mayor demanda hídrica y un consumo más intenso de las reservas de agua del suelo, lo que lleva a un estrés más severo. En estas condiciones adquieren protagonismo una serie de mecanismos de la planta que actúan para el control de la transpiración a través del cierre estomático (Lavoie-Lamoureux et al., 2017).

Al comparar los datos de ET_o (media de los 7 días previos a cada medida de estado hídrico) con los de ψ_{tmd} en el secano (Fig. 2), se obtuvieron dos comportamientos distintos, acordes con las características meteorológicas de los años analizados. Por un lado, en el año 2012, en el que se observó cómo el estado hídrico de las cepas en secano estuvo en sintonía con la demanda evapotranspirativa del ambiente, con un coeficiente de determinación (R^2) de 0,57 (Fig. 2), lo que coincide con resultados de Franks y Farquhar, (1999) en árboles de hoja caduca. Sin embargo, en 2013 no se apreció dicha relación (Fig. 2), lo que nos da idea de una cierta regulación estomática.

A partir de los resultados obtenidos, se puede concluir que la variedad "Tempranillo" puede presentar comportamientos tanto isohídricos como anisohídricos, estando muy influenciado por las condiciones ambientales de cada año. En situaciones de elevadas expectativas iniciales productivas y vegetativas, si esas expectativas no son apoyadas con aportes hídricos durante la campaña, esta variedad presenta un comportamiento isohídrico.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por proyectos del Ministerio de Ciencia e Innovación (RTA2008-00037-C04, RTA2009-00026-C02 y PID2019-105039-C41), y cofinanciado con Fondos FEDER a través de la ESTRATEGIA AGROS.

REFERENCIAS

Blanco-Cipollone, F., Loureno, S., Silvestre, J., Conceicao, N., Moñino, M.J., Vivas, A. and Ferreira, M.I. 2017. Plant water status indicators for irrigation scheduling associated with iso- and anisohydric behavior: vine and plum trees. Horticulturae 3: 47.

Franks, P.J., and Farquhar, G.D. 1999. A relationship between humidity response, growth form and photosynthetic operating point in C3 plants. Plant Cell Environ. 22: 1337–1349.

Lavoie-Lamoureux, A., Sacco, D., Risse, P.A., and Lovisolo, C. 2017. Factors influencing stomatal conductance in response to water availability in grapevine: A meta-analysis. Physiol. Plant 159: 468-482.

Mancha, L.A., Uriarte, D., Valdés, E., Moreno, D., and Prieto, M.H. 2021a. Effects of Regulated Deficit Irrigation and Early Cluster Thinning on Production and Quality Parameters in a Vineyard cv. Tempranillo under Semi-Arid Conditions in Southwestern Spain. Agronomy 11, 34.

Mancha, L.A., Uriarte, D., and Prieto, M.H. 2021b. Characterization of the Transpiration of a Vineyard under Different Irrigation Strategies Using Sap Flow Sensors. Water 11, 2867.

Martí, P., González-Altozano, P., López –Urrea, R., Mancha, L.A. and Shiri, J. 2015. Modeling reference evapotranspiratiration with calculated targets. Assessment and implications. Agric. Water Manag. 149: 81-90.

Parry, C.K., Shapland, M., Williams, L.E., Calderon-Orellana, A., Snyder, R.L., Paw U, K.T. and McElrone, A.J. 2019. Comparison of a stand-alone surface renewal method to weighing lysimeter and eddy covariance for determining vineyard evapotranspiration and vine water stress. Irrig. Sci. 37: 737-749.

Picón-Toro, J., González-Dugo, V., Uriarte, D., Mancha, L.A., and Testi, L. 2012. Effects of canopy size and water stress over the crop coefficient of a “Tempranillo” vineyard in south-western Spain. Irrig. Sci. 30: 419-432.

Shackel, K.A. 2007. Water relations of woody perennial plant species. J. Int. Sci. Vigne Vin, 41(3) : 121–129.

Tombesi, S., Nardini, A., Farinelli, D. and Palliotti, A. 2014. Relationships between stomatal behavior, xylem vulnerability to cavitation and leaf water relations in two cultivars of *Vitis vinifera*. *Physiol*. *Plant*. 152 (3): 453–464.

Williams, L.E. and Baeza, P. 2007. Relationships among ambient temperature and vapor pressure deficit and leaf and stem water potentials of fully irrigated, field-grown grapevines. Am. J. Enol. Vitic. 58 (2): 173-181.

Figuras

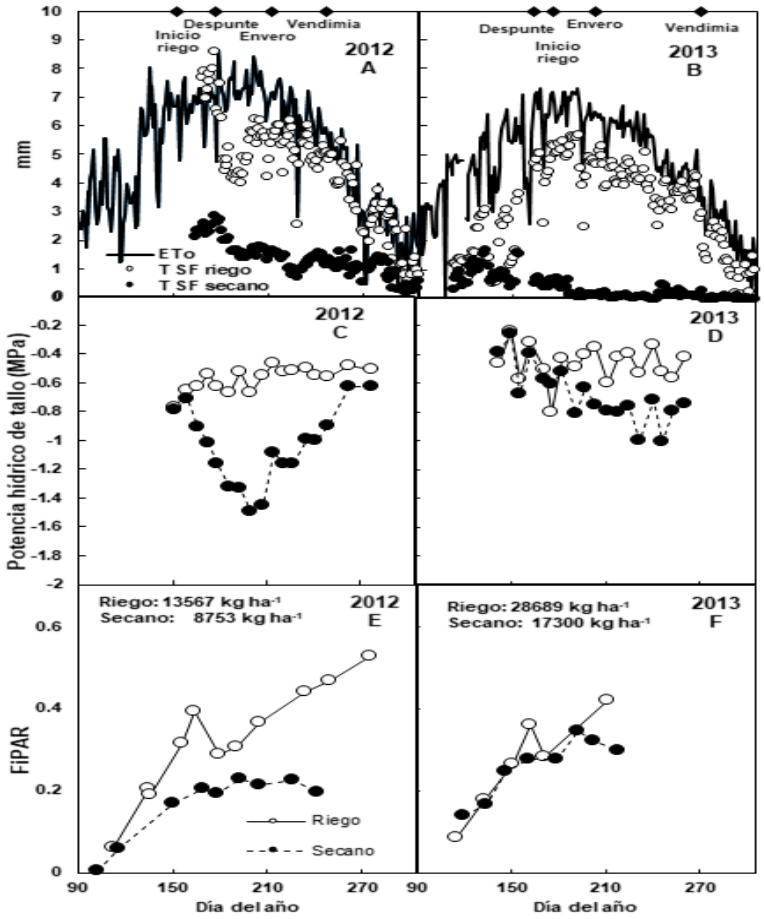


Fig. 1. Evolución estacional de la ET_o y de la T_{SF} (A y B), del Ψ_t^{md} (C y D) y de la FiPAR (E y F), para los tratamientos planteados (Riego y Secano), en los años 2012 y 2013.

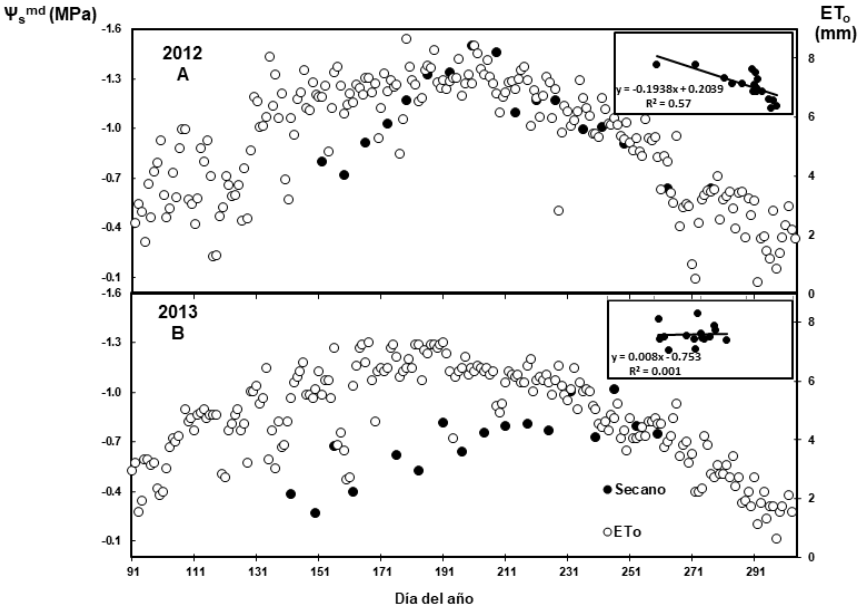


Fig. 2. Evolución de la ET_o y el estado hídrico de las cepas en Secano (ψ_{tmd}) para los años 2012 (A) y 2013 (B), y la relación lineal entre ambos parámetros (Cuadro pequeño).

Protección solar de las vides con la aplicación foliar de caolín. Efectos fisiológicos y sobre la composición de la uva

J. M. Ramírez-Cuesta[1*], F. Sanz-Caballer[1], A. Yeves-Carrascosa[2], D. Guerra[1], D. Cale[3], G. Piccinni[4], J. Marti[5], D. S. Intrigliolo[1]

Afiliación institucional

[1] Departamento de Ecología, Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE-CSIC-UV-GV), Moncada, Valencia 46113, España

[2] Departamento de Riego, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC), Murcia 30100, España

[3] Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera, s/n. 46022 Valencia

[4] Department of Agricultural and Environmental Science, University of Bari, Via Amendola 165/a, 70126 Bari, Italy

[4] CBC Iberia SAU -Technical Dept. Carrer de Llorenç Agustí Claveria, 105 Nau 5, 25191 Lleida, España.

* *J.M. Ramirez-Cuesta: ramirezcuesta.jm@gmail.com*

Resumen

El uso del caolín en agricultura se está extendiendo debido a que su aplicación favorece la resistencia de los cultivos frente a situaciones de estrés térmico y patógenos, sin limitar la actividad fotosintética de los mismos. El objetivo del presente trabajo es evaluar la efectividad de la aplicación de caolín a nivel foliar como estrategia de manejo para la mejora del estado hídrico y los efectos sobre la composición de la uva en viñas plantadas en maceta de la variedad 'Monastrell' y en cepas adultas de 'Viognier' y 'Garnacha' en campo. En maceta se compararon 3 dosis de aplicación de caolín (10, 30 y 50 kg Ha^{-1}) frente a un testigo; mientras que en campo se evaluó el efecto del número de aplicaciones de caolín (cero, una y dos aplicaciones de 40 kg Ha^{-1}). La aplicación de caolín indujo una disminución media de la temperatura foliar de 0.5 - 2.5ºC, siendo significativa únicamente cuando las plantas se encontraban más estresadas. Con respecto a fotosíntesis neta, los tratamientos con caolín presentaron valores significativamente más elevados que el control sin caolín. Por el contrario, en términos generales, no se observaron diferencias en potencial hídrico de tallo ni conductancia estomática entre los distintos tratamientos. Además, tanto en 'Garnacha' como en 'Viognier', el tratamiento sin caolín presentó unos menores sólidos solubles totales que aquellos con caolín, mientras que no se observaron diferencias estadísticamente significativas en pH ni acidez.

Palabras clave: temperatura foliar, potencial hídrico de tallo, conductancia estomática, transpiración, estrés térmico.

INTRODUCCIÓN

El aumento de las temperaturas que se está produciendo asociado al escenario de cambio climático, hace que se estén buscando estrategias agronómicas para reducir los impactos negativos que ello conlleva, como

es el caso del estrés térmico (Costa et al., 2019). Entre dichas prácticas se encuentran por ejemplo la adopción de técnicas de manejo de cultivo alternativas o el uso de mallas de sombreo, materiales reflectantes o protectores naturales o químicos (Frioni et al., 2019). En este sentido, desde finales del siglo XX el uso del caolín en la agricultura se ha extendido gracias a sus propiedades físico-químicas. En particular, el caolín se ha usado ampliamente para el control ecológico en diferentes cultivos (Johnston et al., 2022) así como para reducir el estrés térmico de los mismos, tanto a nivel foliar como de fruto (Boari et al., 2016). Así el objetivo general del presente trabajo es evaluar la efectividad de la aplicación de caolín a nivel foliar como estrategia de manejo para la mejora del estado hídrico en viñas. Más específicamente, se evaluó el efecto de (i) la dosis de aplicación; y (ii) el número de aplicaciones sobre la temperatura foliar de las cepas, así como sobre el potencial hídrico de tallo, la conductancia estomática y la fotosíntesis de las mismas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente experimento se realizó a dos niveles: en maceta y en cepas plantadas en campo. Con respecto a la experimentación en maceta, ésta se realizó en cepas de la variedad Monastrell (110R), ubicadas en el Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE-CSIC-UV-GVA; Valencia). Se utilizaron un total de 12 cepas (3 por tratamiento) se compararon 3 dosis de aplicación de caolín (T2, T3 y T4 para 10, 30 y 50 kg Ha^{-1}, respectivamente) frente a un testigo sin caolín (T1) (Figura 1A-B). El segundo de los experimentos se llevó a cabo en un viñedo plantado con las variedades 'Garnacha' y 'Viognier' ubicado en Turís (Valencia). En este caso, se comparó, en ambas variedades, la aplicación de una (T2) o dos (T3) aplicaciones de caolín (concentración de 40 kg Ha^{-1}) frente a un testigo sin caolín (T1) (Figura 2A-F). La primera aplicación de caolín se realizó en pre-envero (1 de julio); mientras que la segunda se realizó en post-envero (2 de agosto). En ambos experimentos, la aplicación de caolín se realizó con un pulverizador de espalda a motor (MS-0835W) usando una boquilla ATR 80 naranja a una velocidad de 2 km h^{-1} y una distancia de aplicación de 0,5 m. Para la medida de la temperatura foliar de las hojas, se utilizó una cámara térmica de mano (FLIR E8 XT). Las fotografías se tomaron a una distancia de 1 metro del dosel y a una altura aproximada de 1.5 m en la cara soleada de (i) 3 cepas por tratamiento en el ensayo en maceta (n=12) y (ii) 9 cepas por tratamiento y variedad en el ensayo de campo (n=54). Dichas medidas se realizaron en pre-envero (7 de junio) en el experimento en maceta; y en pre-envero (7 de julio) y post-envero (3 y 24 de agosto) en el experimento en campo. Posteriormente, de cada fotografía se seleccionaron manualmente 2 hojas soleadas, delimitando un polígono en su interior y extrayendo las estadísticas zonales correspondientes a cada uno de ellos, comparando los diferentes tratamientos mediante el análisis estadístico ANOVA unifactorial (dosis de caolín; experimento en maceta) y multifactorial (número de aplicaciones y variedad; experimento en campo). En ambos ensayos, maceta y campo, durante los días de adquisición de fotografías térmicas se monitorizó también el potencial hídrico de tallo (Ψ_s) medido con una cámara de presión Scholander (Modelo 600); conductancia estomática (g_s) y fotosíntesis neta (P_n) medidas con un sistema de fotosíntesis portátil (Li-6400XT), tomando además muestras para la evaluación de parámetros de maduración de la uva (ºBrix, pH y acidez total).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayo en maceta

La comparativa de las distintas dosis de caolín en el ensayo en maceta ponen de manifiesto una ligera relación inversa entre temperatura foliar y dosis de caolín a pesar de no resultar estadísticamente significativa. Esta falta de significatividad puede ser debida a las temperaturas no excesivamente elevadas observadas en el día de medida, sugiriendo que el caolín ejerce un mayor efecto bajo condiciones de temperatura más extremas. Sin embargo, sí se observaron diferencias estadísticamente significativas en Ψ_s, presentando T4 un mejor estado hídrico que el resto de tratamientos.

Ensayo en campo

Con respecto al ensayo en campo, los resultados de la Figura 2 evidencian que el día 4 de julio (temperatura del aire = 25,4 ºC), un día después de la primera aplicación de caolín, se observaron diferencias estadísticamente significativas en la temperatura foliar entre los distintos tratamientos, de modo que T1 presentó temperaturas foliares 1,4ºC en promedio más elevadas que T2 y T3. Sin embargo, T2 y T3 no presentaron diferencias entre sí, resultados esperables considerando que, en esa fecha, en ambos tratamientos sólo se había aplicado caolín una vez. Dichas diferencias se repitieron en ambas variedades, sin encontrar diferencias de temperatura foliar entre 'Garnacha' y 'Viognier'. El día 3 de agosto (temperatura del aire = 28,0 ºC), un día después de la segunda aplicación (en T3), se repitió el mismo patrón observado en la primera fecha, presentando T1 las temperaturas foliares más elevadas (en este caso, 2,2 ºC en promedio más elevadas). Se observaron también diferencias estadísticamente significativas entre T2 y T3 pero solo en la variedad 'Garnacha' (diferencia de 1,5 ºC). Por último, el día 24 de agosto (temperatura del aire = 26,9 ºC), se apreció que las temperaturas foliares eran más elevadas en la variedad 'Viognier' que en 'Garnacha' (entre 1,4 y 2,2 ºC), ambas variedades presentando mayores temperaturas en T1 que en T2 y T3 (diferencias promedio de 1,5 ºC). En este caso, T2 y T3 no mostraron diferencias significativas en ninguna de las variedades. Con respecto a P_n, T3 presentó valores significativamente más elevados que T1 (18,9 versus 13,6 µmol, respectivamente), mientras que no se observaron diferencias en g_s y Ψ_s, con excepción de la variedad 'Viognier' el día 3 de agosto, donde T2 presentó un Ψ_s menos negativo que T1. Con respecto al análisis de la calidad de la uva, tanto en 'Garnacha' como en 'Viognier', T1 presentó unos ºBrix menores que T2 y T3 (20,5 versus 22,5, respectivamente), mientras que no se observaron diferencias estadísticamente significativas en pH ni acidez (promedio de 3,75 y 5,2 g L^{-1} tartárico).

AGRADECIMIENTOS

La investigación ha sido financiada por el contrato Viñaolin con la empresa CBC IBERIA, S.A.U y el proyecto ADAPTAVID (AGCOOP_A/2021/024– CSIC) financiado por la Generalitat Valenciana (GVA).

REFERENCIAS

Boari, F., Donadio, A., Pace, B., Schiattone, M. I., Cantore, V. 2016. Kaolin improves salinity tolerance, water use efficiency and quality of tomato. Agricultural Water Management 167, 29-37.

Costa, J. M., Egipto, R., Sánchez-Virosta, A., Lopes, C. M., Chaves, M. M. 2019. Canopy and soil thermal patterns to support water and heat stress management in vineyards. Agricultural Water Management 216, 484-496.

Frioni, T., Saracino, S., Squeri, C., Tombesi, S., Palliotti, A., Sabbatini, P., Magnanini, E., Poni, S. 2019. Understanding kaolin effects on grapevine leaf and whole-canopy physiology during water stress and re-watering. Journal of Plant Physiology 242, 153020.

Johnston, N., Paris, T., Paret, M. L., Freeman, J., Martini, X. 2022. Repelling whitefly (*Bemisia tabaci*) using limonene-scented kaolin: A novel pest management strategy. Crop Protection 154, 105905.

Figuras

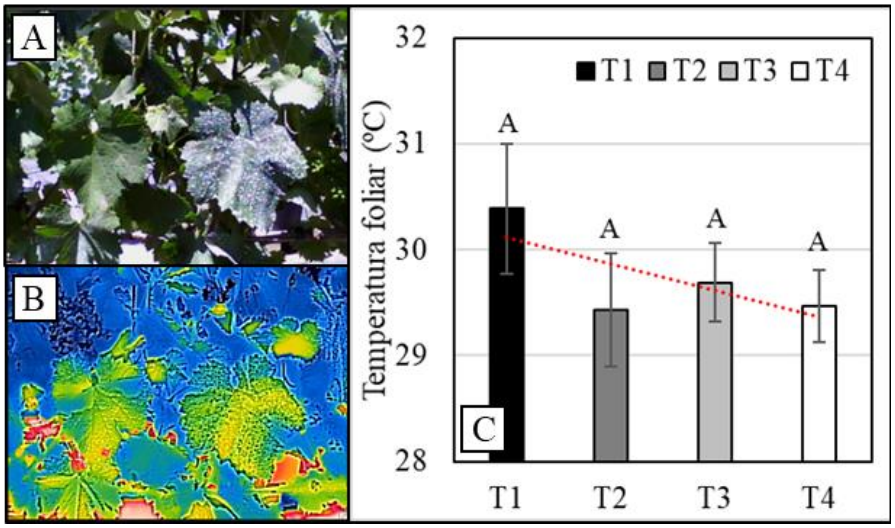


Fig 1. Fotografía RGB (A) y térmica (B) de una cepa con caolín y otra sin caolín; y temperaturas foliares (C) de los tratamientos establecidos en el experimento en maceta. Letras diferentes identifican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Test de Tukey, p≤0,05).

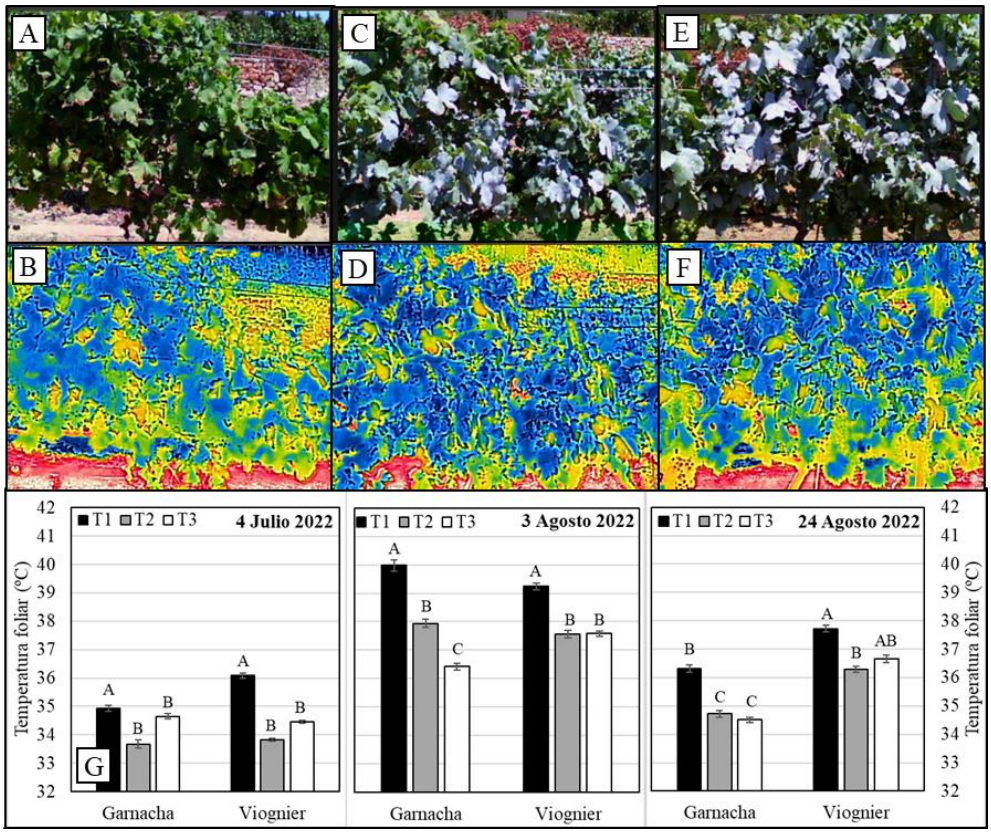


Fig 2. Fotografías RGB (A, C y E) y térmicas (B, D y F) de los tratamientos T1, T2 y T3 en Viognier, respectivamente. Temperaturas foliares (G) de los diferentes tratamientos establecidos en el experimento en maceta. Letras diferentes identifican, para cada fecha, diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos y variedades (Test de Tukey, p≤0,05).

¿Es la medida de conductividad hidráulica una herramienta útil para evaluar la calidad de la conexión en el punto de injerto?

A. Villa-Llop[1,2*], D. Marín[1], N. Torres[1], S. Crespo-Martínez[1], J. Eraso[2]. L.G. Santesteban[1]

[1] Dpto. de Agronomía, Biotecnología y Alimentación, Universidad Pública de Navarra (UPNA), Campus Arrosadia, 31006 Pamplona.
[2] Vivero Vitis Navarra, Larraga, Navarra
Ana Villa Llop: ana.villa@unavarra.es

Resumen

El injerto es una técnica obligatoria y esencial para el cultivo de la vid en el mundo. Aunque no hay dudas de sus beneficios, sí que existe un cuestionamiento de hasta qué punto condiciona el comportamiento de la planta y, sobre todo, si una mejor conexión comporta beneficios en el desarrollo posterior de los viñedos. En este sentido, existen trabajos de investigación que están evaluando el efecto de diferentes modalidades de injertado sobre el comportamiento agronómico del viñedo. Sin embargo, no existe una metodología estandarizada que permita evaluar la calidad de la conexión en el punto de injerto. En este contexto, el objetivo de este estudio es evaluar el interés del uso de medidas de conductancia hidráulica como indicador de la calidad de las conexiones vasculares en la zona de la unión variedad-portainjerto. Para ello, se compararon los valores de conductancia hidráulica en plantas que diferían en la técnica de injerto (omega, inglés y V), y entre plantas injertadas en omega pero con diferencias en el nivel de alineamiento entre la estaca del portainjerto y la púa de la variedad. Los resultados mostraron que las plantas injertadas en omega con la zona cambial completamente alineada, tenían una mayor conductancia hidráulica, un mayor crecimiento vegetativo y un menor porcentaje de agostamiento, en comparación con los otros injertos evaluados. Por lo tanto, este estudio presenta el método de medida de la conductancia hidráulica por gravedad como una herramienta útil para evaluar la calidad de la conexión en el punto de injerto.

Palabras clave: calidad del injerto, necrosis, modalidades de injerto, omega.

INTRODUCCIÓN

El estudio del injerto ha estado hasta la fecha fundamentalmente centrado en aspectos moleculares, anatómicos (Cookson et al., 2014; Loupit et al., 2022). En los últimos años, el empleo de la resonancia magnética (IRM) y tomografía 3D de rayos X (Milien et al., 2012) han permitido avanzar en el estudio de las conexiones vasculares en el punto de injerto. El uso de estas metodologías ya se ha probado en la vid y ha mostrado resultados prometedores. Sin embargo, se trata de técnicas costosas en lo operativo y en lo económico, que requieren de un procesado de datos minucioso y la obtención de resultados cuantitativos es complicada.

Teniendo en cuenta que la formación de conexiones vasculares se considera el requisito básico para el éxito del injerto (Moore, 1984) y que el grado de conexión del xilema puede afectar a la eficacia hidráulica de la planta, disponer de herramientas útiles de medida para conocer la calidad de las conexiones vasculares en el punto de injerto es de gran interés.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para evaluar la calidad de las conexiones vasculares, se analizaron veinticuatro plantas formadas en maceta, seis por tipo de injerto, de la variedad Tempranillo VN69 injertada sobre 110 Richter (*Vitis berlandieri × V. rupestris*), que diferían en el tipo de injerto. Se estudiaron plantas con injerto en V, inglés (W&T), y plantas injertadas en omega, pero con diferencias en el nivel de alineamiento entre el cambium de la estaca del portainjerto y la púa de la variedad (CA= completamente alineado – PA= parcialmente alineado) (Fig. 1). La conductancia hidráulica de las plantas de vid que componen el ensayo se determinó siguiendo el método gravimétrico propuesto por Torres-Ruiz et al., (2012). Este análisis se basa en la medición del volumen de agua, que fluye a través de la planta, en función del tiempo y la presión de la columna de agua aplicada. La conductancia hidráulica (k; [g/s·MPa]) se obtuvo mediante el coeficiente lineal de la pendiente generada por el flujo y el gradiente de presión correspondiente. Para todas las muestras, la relación lineal entre el flujo y la presión obtenida se caracterizó por un $R^2 > 0,95$. Se midió con el crecimiento vegetativo (T.S.S. – Sección total de los pámpanos; S.S. – Sección media del pámpano; T.S. – Sección del tronco; S.L. – Longitud media pámpano) y el agostamiento de los pámpanos (S.M. – Porcentaje de agostamiento), además se registraron la cantidad de hojas verdes insertas en el pámpano (G. Leaves), las hojas con síntomas de senescencia (S. Leaves) y se contabilizaron los nudos carentes de hojas (N. Leaves).

Los resultados se analizaron a través de un análisis de componentes principales (PCA), realizado con RStudio (1.3) sobre R (4.0). El procesado se realizó con la biblioteca FactoMineR y se visualizó gráficamente con el paquete Factoextra (función *fviz_pca_biplot* Kassambara, (2022)).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 2 muestra las dos primeras componentes (PC) del análisis, explicando entre ambas el 93% de la variación observada. La primera componente (61%) se relaciona positivamente con las variables de conductancia hidráulica (k) y crecimiento vegetativo anual, determinado por la sección media del pámpano (S.S.), y negativamente con el porcentaje de agostamiento de los pámpanos (S.M.). El estudio de los resultados permite observar que, en lo que hace referencia a los injertos en omega, una buena alineación se asocia con valores altos de conductancia hidráulica, mientras que si la alineación es parcial (PA) se observan valores bajos para la misma. En lo que hace referencia al resto de injertos, las diferencias que se observan son más sutiles, lo que podría ser indicativo de que se trata de un factor de importancia secundaria, si bien es un aspecto que ha de estudiarse con más detalle en el futuro. No existe un consenso en la literatura, sobre el efecto del injerto sobre la eficiencia hidráulica del conjunto de la planta. Diferentes artículos han demostrado que el tejido del injerto puede tener una baja conductividad hidráulica (kh), en relación con el brote de la púa (Bavaresco & Lovisolo, 2000). Al contrario, varios autores señalan que una vez establecida la unión del injerto, esta ofrece poca resistencia al movimiento del agua y parece poco probable que altere el desarrollo de la púa de forma directa (Adams et al., 2018; Gautier et al., 2019). Presumiblemente, la elección del material a la hora de realizar el injerto en CA, prestando atención al diámetro de la púa y el portainjerto para mejorar la alineación de los cambiums favoreció un mayor contacto entre los tejidos meristemáticos de ambos individuos (Rasool et al., 2020). Esto podría estar relacionado con el hecho de que las plantas CA hayan mostrado un menor nivel de agostamiento, con un mayor nivel de

actividad, coincidiendo con lo observado en Marín et al., (2022), donde se observaba mayor transpiración en plantas injertadas maximizando la alineación entre la estaca y la púa.

En conjunto, y teniendo en cuenta que estos resultados son aún preliminares, se puede afirmar que el método de medida de la conductancia hidráulica por gravedad proporciona un enfoque prometedor y es una herramienta útil para evaluar la calidad de la conexión en el punto de injerto.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido desarrollado en el marco del proyecto EFA 324/19 - VITES QUALITAS cofinanciado al 65% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del Programa Interreg V-A España-Francia-Andorra (POCTEFA 2014-2020). A. V.-Ll. es beneficiaria de un contrato doctoral industrial del G. de N. (Ref. 283E/2020) y D. M. es de una beca de postgrado financiada por la UPNA (FPI-UPNA-2016). La Dra. N. T. es beneficiaria de un contrato postdoctoral (JdC-Formación 2020).

REFERENCIAS

Adams, S., Lordan, J., Fazio, G., Bugbee, B., Francescatto, P., Robinson, T. L., & Black, B. (2018). Effect of scion and graft type on transpiration, hydraulic resistance and xylem hormone profile of apples grafted on Geneva®41 and M.9-NICTM29 rootstocks. Scientia Horticulturae, 227, 213–222. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.052

Bavaresco, L., & Lovisolo, C. (2000). Effect of grafting on grapevine chlorosis and hydraulic conductivity. Vitis, 39, 89–92.

Cookson, S. J., Clemente Moreno, M. J., Hevin, C., Nyamba Mendome, L. Z., Delrot, S., Magnin, N., Trossat-Magnin, C., & Ollat, N. (2014). Heterografting with nonself rootstocks induces genes involved in stress responses at the graft interface when compared with autografted controls. Journal of Experimental Botany, 65(9), 2473–2481. https://doi.org/10.1093/jxb/eru145

Gautier, A. T., Chambaud, C., Brocard, L., Ollat, N., Gambetta, G. A., Delrot, S., & Cookson, S. J. (2019). Merging genotypes: Graft union formation and scion–rootstock interactions. Journal of Experimental Botany, 70(3), 747–755. https://doi.org/10.1093/jxb/ery422

Kassambara, A. (2022, September 14). fviz_pca: Visualize Principal Component Analysis. Https://Rdrr.Io/Github/Kassambara/Factoextra/Man/Fviz_pca.Html.

Loupit, G., Fonayet, J. V., Prigent, S., Prodhomme, D., Spilmont, A.-S., Hilbert, G., Franc, C., De Revel, G., Richard, T., Ollat, N., & Cookson, S. J. (2022). Identifying early metabolite markers of successful graft union formation in grapevine. Horticulture Research. https://doi.org/10.1093/hr/uhab070

Marín, D., Santesteban, L. G., Dayer, S., Villa‐Llop, A., Abad, F. J., Gambetta, G. A., Torres‐Ruiz, J. M., & Torres, N. (2022). Connection matters: Exploring the implications of scion–rootstock alignment in grafted grapevines. Australian Journal of Grape and Wine Research. https://doi.org/10.1111/ajgw.12559

Milien, M., Renault-Spilmont, A.-S., Cookson, S. J., Sarrazin, A., & Verdeil, J.-L. (2012). Visualization of the 3D structure of the graft union of grapevine using X-ray tomography. Scientia Horticulturae, 144, 130–140. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.06.045

Moore, R. (1984). A model for graft compatibility-incompatibility in higher plants. American

Journal of Botany, 71(5), 752–758. https://doi.org/10.1002/J.1537-2197.1984.TB14182.X

Rasool, A., Mansoor, S., Bhat, K. M., Hassan, G. I., Baba, T. R., Alyemeni, M. N., Alsahli, A. A., El-Serehy, H. A., Paray, B. A., & Ahmad, P. (2020). Mechanisms Underlying Graft Union Formation and Rootstock Scion Interaction in Horticultural Plants. Frontiers in Plant Science, 11. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2020.590847

Torres-Ruiz, J. M., Sperry, J. S., & Fernández, J. E. (2012). Improving xylem hydraulic conductivity measurements by correcting the error caused by passive water uptake. Physiologia Plantarum, 146(2), 129–135. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2012.01619.x

Figuras



(a) (b) (c) (d)

Fig. 1. Imágenes de los distintos injertos evaluados. (a) CA – Injerto en omega con púa y portainjerto totalmente alineados, (b) PA - injerto en omega con púa y portainjerto parcialmente, (c) injerto en V y (d) W&T - injerto en inglés.

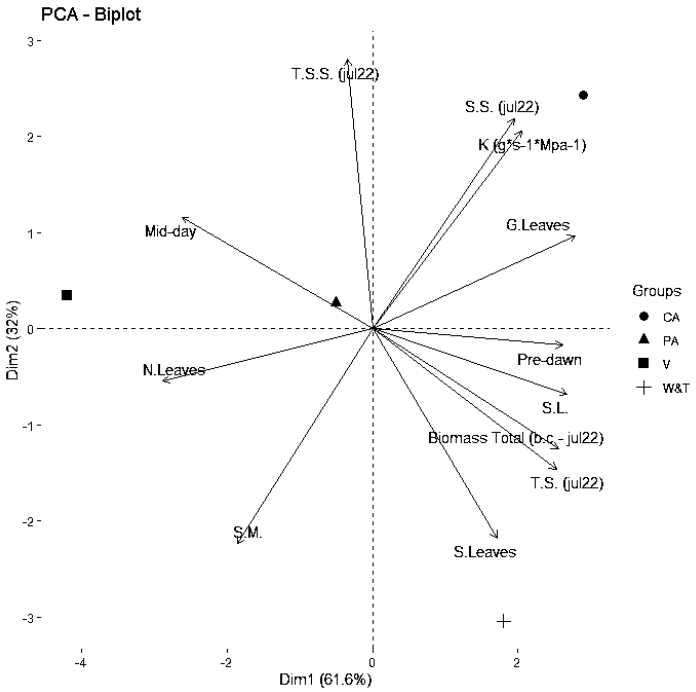


Fig. 2. Análisis de componentes principales de las distintas modalidades de injerto (● - CA) Omega cambium completamente alineado, (▲- PA) Omega cambium parcialmente alineado, (■) V e (**+ -** W&T) Inglés.

Transpiración del racimo de uva y su influencia en la maduración en condiciones de cambio climático

A. Cabodevilla[1*], F. Morales[2] e I. Pascual[1]

Afiliación institucional

[1]Universidad de Navarra-BIOMA. Grupo de Fisiología del Estrés en Plantas (Unidad Asociada al CSIC, EEAD, Zaragoza), Campus Universitario, 31080, Pamplona, España.

[2]Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Instituto de Agrobiotecnología, Grupo Agricultura Sostenible y Biomonitorización, Avenida de Pamplona 123, 31192, Mutilva, España.

Autor/a: acabodevill@alumni.unav.es

Resumen

El Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) prevé un incremento de temperatura y un descenso en la humedad relativa (HR) ambiental en las próximas décadas. Estos cambios ambientales influyen en la fisiología, la producción y la calidad de la uva de la vid (*Vitis vinifera* L.). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de estos cambios ambientales en el proceso de transpiración y desarrollo de la baya. Para ello, se cultivaron esquejes fructíferos de vid de la variedad Tempranillo Tinto en dos invernaderos con condiciones controladas: uno con condiciones control (T; 24°C/14°C y 55%/70% HR (día/noche)) y otro simulando condiciones climáticas previstas para 2100 aplicando un tratamiento de temperatura elevada y menor HR (T+4; 28°C/18°C y 43%/ 58% HR (día/noche)). En este último invernadero, la mitad de los racimos fueron tratados al inicio del envero con un anti-transpirante (VaporGard®) (AT+4). Las plantas crecidas en T+4 mostraron una mayor transpiración de racimo, una disminución en el tamaño de la baya y tiempos más cortos de maduración con respecto a T. También, T+4 tendió a favorecer la acumulación de sólidos solubles totales (SST), mayoritariamente azúcares, y la degradación de ácidos (málico y tartárico). La aplicación de antitranspirante en condiciones de cambio climático (AT+4) consiguió atenuar parcialmente el efecto de T+4, llegando a igualarse los valores de SST en los tratamientos AT+4 y T. Los resultados muestran que un incremento en la transpiración del racimo en T+4 pareció jugar un papel relevante en algunos cambios observados en la fenología, como el menor tiempo de maduración, y composición de la baya.

Palabras clave: Vid (*Vitis vinifera*), temperatura y humedad relativa, maduración del racimo, calidad de uva.

INTRODUCCIÓN

La vid (*Vitis vinifera* L.) es una de las especies más extensamente cultivadas con una superficie global total de 4,5 millones de hectáreas de viñedos (OIV, 2016). Según el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 2014), la temperatura media global puede aumentar 4°C en los próximos 100 años, por lo que el futuro escenario climático para la cuenca mediterránea podría no ser tan favorable para la viticultura (Lionello et al., 2014). Asimismo, la humedad relativa (HR) del aire sobre el continente ha experimentado un descenso en los últimos años (Byrne and O'Gorman, 2018). El aumento de la temperatura puede acelerar el desarrollo fenológico del racimo haciendo que la maduración se produzca

en un período con condiciones ambientales más desfavorables, afectando negativamente a la calidad de la uva y del vino resultante (Van Leeuwen et al., 2019). Este aumento de la temperatura provoca un desacoplamiento entre la acumulación de azúcares y antocianinas (Arrizabalaga et al., 2018). Se cree que la transpiración de las bayas de uva es un proceso importante para su maduración, aunque existen escasas evidencias científicas de ello. Así, algunos estudios han concluido que la transpiración afecta a la acumulación de solutos y a la maduración (Rebucci et al., 1997; Keller, 2015).

El objetivo de este trabajo fue estudiar el impacto de un aumento de temperatura junto a una reducción de la humedad relativa (HR) del ambiente sobre la transpiración del racimo y conocer sus implicaciones en el desarrollo y composición final de la uva.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un experimento bajo condiciones controladas en los invernaderos de la Universidad de Navarra. Se obtuvieron esquejes fructíferos de vid de la variedad Tempranillo Tinto que se enraizaron siguiendo el método de Mullins (1966). En la fase de cuajado se impusieron 2 regímenes de temperatura y HR hasta la madurez: 24ºC/14ºC y 55%/70% día/noche (T) y 28ºC/18ºC y 42%/58% (T+4), este último simulando los cambios proyectados para finales de siglo. Además, a la mitad de las plantas del tratamiento T+4 se les aplicó anti-transpirante VaporGard al 10% (v/v) en el racimo al inicio del envero (AT+4). A lo largo del experimento se determinó el desarrollo fenológico y se midió la evolución de la transpiración del racimo, con un equipo basado en sensores de humedad relativa descrito en detalle en Morales et al. (2022), en las siguientes fases fenológicas: guisante, garbanzo, inicio de envero, envero y madurez (aprox. 23 ºBrix). En esta última fase también se determinó la concentración de SST mediante refractómetro (digital Abbe315 RS, Zuzi), la acidez total mediante una valoración ácido-base con NaOH y la concentración de antocianinas totales (Ribereau-Gayon y Stonestreet, 1965). El análisis estadístico se realizó con SPSS, empleando un test T-student en las variables que se determinaron en guisante, garbanzo e inicio de envero y un ANOVA de una vía con un test post-hoc DMS en envero y madurez.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La transpiración disminuyó conforme la baya se fue desarrollando (Fig. 1A). En general, el tratamiento T+4 presentó una tasa de transpiración significativamente mayor que T, debido a un mayor déficit de presión de vapor (DPV) de la atmósfera, lo cual indujo una mayor pérdida de agua por transpiración. Zhang y Keller (2015) observaron que existe una relación lineal entre el DPV y la tasa de transpiración de bayas en cultivares Syrah y Concord. Se observó una reducción de la transpiración del racimo en el tratamiento con anti-transpirante (AT+4).

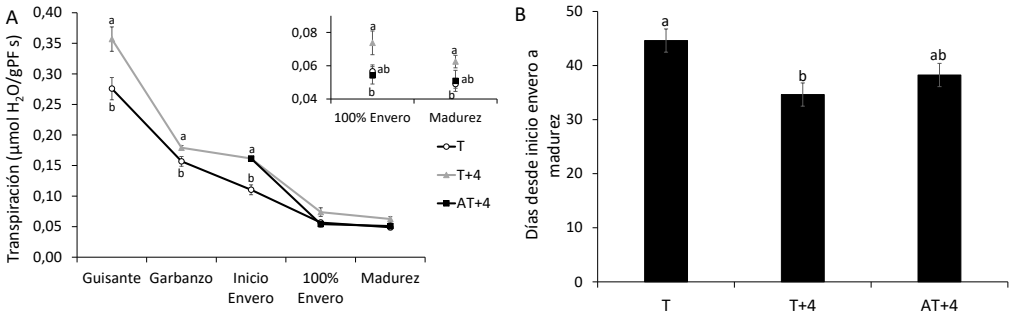


Fig. 1. Evolución de la transpiración del racimo (A) y días desde el inicio del envero hasta la madurez (B) en esquejes fructíferos de la variedad Tempranillo Tinto. La gráfica representa el promedio ± el error estándar. Medidas con letras en común dentro de cada fase de desarrollo no son significativamente diferentes (p>0,05) (test DMS).

El calentamiento global está modificando la fenología de la vid, adelantando la cosecha (Kuhn et al., 2014). En el presente estudio, el tratamiento T+4 aceleró el desarrollo fenológico de los esquejes fructíferos, con respecto a T (Fig. 1B). Sin embargo, la aplicación de anti-transpirante amortiguó parcialmente este efecto de la temperatura elevada.

El tratamiento T+4 presentó niveles de SST significativamente superiores a los del tratamiento T, mientras que la aplicación de anti-transpirante (AT+4) redujo estos niveles con respecto a T+4 (Fig. 2A). En madurez, se observó un descenso claro de la acidez total en los tratamientos T+4 y AT+4 (Fig. 2B). Esto pudo deberse a una mayor metabolización de los ácidos presentes en la baya asociado a las altas temperaturas.

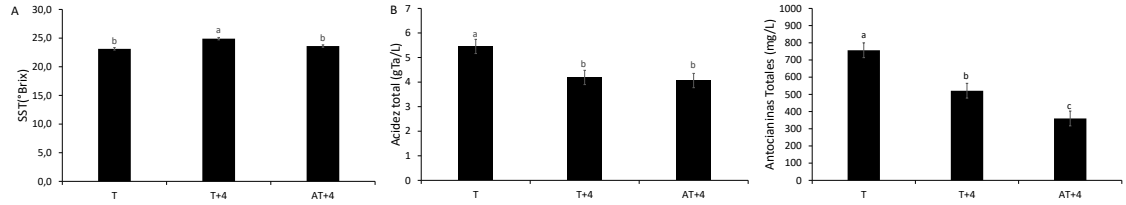


Fig. 2. Concentración de sólidos solubles totales (SST, A), acidez total (B) y antocianinas totales en mosto extraído de bayas (C) en esquejes fructíferos de la variedad Tempranillo Tinto. Resto como en Fig. 1.

La concentración de antocianinas totales se vio reducida en las bayas sometidas a temperatura elevada, especialmente en el tratamiento con anti-transpirante (Fig. 2C). La temperatura elevada puede provocar un descenso en la acumulación de antocianinas en la baya, bien por una inhibición de su síntesis o por un aumento en su degradación (Arrizabalaga et al., 2018). Además, la inhibición de la transpiración pudo provocar un mayor descenso en la acumulación de antocianinas (AT+4). En conclusión, el incremento de temperatura asociado a una menor HR del ambiente previstos para finales de siglo (T+4) provocó un aumento de la transpiración del racimo, una aceleración del desarrollo fenológico de las bayas, así como cambios en la composición del mosto (SST, acidez y antocianinas). La aplicación de anti-transpirante (AT+4) redujo la transpiración del racimo y logró atenuar parcialmente los efectos provocados por T+4 en el desarrollo fenológico y concentración de SST. Sin embargo, los niveles de acidez no parecieron verse influenciados por la reducción en la transpiración, sí, en cambio, los niveles de antocianinas que fueron los menores de los tres tratamientos ensayados.

AGRADECIMIENTOS

Gobierno de Navarra (PC 144-145 MULTI-SENSOR) y Asociación de Amigos de la Universidad de Navarra (ayuda predoctoral A. Cabodevilla).

REFERENCIAS

Arrizabalaga, M., Morales, F., Oyarzun, M., Delrot, S., Gomès, E., Irigoyen, J.J., Hilbert, G. and Pascual I. 2018. Tempranillo clones differ in the response of berry sugar and anthocyanin accumulation to elevated temperature. Plant Sci. 267:74-83.

Byrne, M. and O'Gorman, PA. 2018. Trends in continental temperature and humidity directly linked to ocean warming. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 115(19):4863-4868.

IPCC, Intergovernmental panel on climate change (2014) Summary for policymakers. Climate change 2014. En: Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K., Adler, A., Baum, I., Brunner, S., Eickemeier, P., Kriemann, B., Savolainen, J., Schlömer, S., von Stechow, C., Zwickel, T., Minx, J.C. (eds.). Mitigation of climate change. Contribution of working group III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, United Kingdom/New York, NY, USA: Cambridge University Press.

Keller, M. 2015. The science of grapevines. Anatomy and physiology. 2nd Edition. Academic Press.

Kuhn, N., Guan, L., Dai, Z.W., Wu, B-H., Lauvergeat, V., Gomès, E., et al. 2014. Berry ripening: recently heard through the grapevine. J. Exp. Bot. 65(16):4543-4559.

Lionello, P., Abrantes, F., Gacic, M., Planton, S., Trigo, R. and Ulbrich U. 2014. The climate of the Mediterranean region: research progress and climate change impacts. Reg. Environ. Chang. 14:1679-1684.

Morales, F., Irigoyen, J.J., Antolín, M.C., Goicoechea, N., Santesteban, H., Oyarzun, M., et al. 2022. Novel, technical advance: A new grapevine transpiration prototype for grape berries and whole bunch based on relative humidity sensors. Comput. Electron. Agric. 196:106890.

Mullins, M.G. 1966. Test-plants for investigations of the physiology of fruiting in *Vitis vinifera* L. Nature 209(5021):419-420.

OIV. 2016. Organisation Internationale de la Vigne et du Vin, World Vitiviniculture situation. 2016. www.oiv.int.

Rebucci, B., Poni, E., Intrieri, C., Magnanini, E. and Lakso, A.N. 1997. Effects of manipulated grape berry transpiration on post-veraison sugar accumulation. Aust. J. Grape Wine Res. 3:57-65.

Ribéreau-Gayon, P. and Stonestreet E. 1965. Le dosage des anthocyanes dans le vin rouge: Determination of anthocyanins in red wine. Bull. Soc. Chim. Fr. 9:2649–2652.

van Leeuwen, C., Destrac-Irvine, A., Dubernet, M., Duchêne, E., Gowdy, M., Marguerit, E., et al. 2019. An Update on the Impact of Climate Change in Viticulture and Potential Adaptations. Agronomy 9(9):514.

Zhang, Y. and Keller, M. 2015. Grape berry transpiration is determined by vapor pressure deficit, cuticular conductance, and berry size. Amer. J. Enol. Vitic. 66(4):454-462.

Efectos en la respiración, transpiración y volumen de bayas en olas de calor simuladas en laboratorio

de Herralde F.*, Sánchez-Costa E., Funes I. , Aranda X., Savé R., Sánchez-Ortiz, A.

IRTA (Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias), Torre Marimón. Caldes de Montbui (Barcelona)

*Autora: felicidad.deherralde@irta.cat

Resumen

La reducción de la producción en el viñedo como resultado de las olas de calor lleva consigo perjuicios graves. Una ola de calor con temperaturas por encima de 40ºC durante 3 días consecutivos puede afectar directamente a la pérdida de la actividad fotosintética, un aumento de la respiración y una disminución de volumen de la baya por deshidratación, dificultando la maduración y repercutiendo en la calidad. Para evaluar el impacto de una ola de calor (HW) se desarrolló una metodología en laboratorio en las variedades Garnacha y Syrah. Se muestrearon 6 racimos en envero, pre-vendimia y vendimia. Los racimos se mantuvieron hidratados durante todo el experimento. De cada tratamiento se simuló un periodo diurno control (CT) a 25ºC y ola de calor (HW) realizada en ciclos de 24h con un incremento de 3ºC·h^{-1} hasta un máximo de 40ºC durante 4h. Cada muestra se sometió al ciclo de ola de calor a las 24 (HW24), 48 (HW48) o 72h (HW72). Después de cada ola de calor se dejó deshidratar la uva durante 15 días a 65ºC. Se midieron la perdida de volumen (%V$_{loss}$), la tasa de transpiración cuticular (CTR, g H_2O·g^{-1}·día^{-1}) y la respiración (NCER$_{25}$, μmol·g^{-1}·min^{-1}). Los resultados mostraron una pérdida de %V$_{loss}$ en Syrah en HW24, mientras que en Garnacha las pérdidas se dan en HW72. Bajo el efecto simulado de la ola de calor, el %V$_{loss}$ se da en estadios iniciales. La variedad Syrah aumenta la tasa de respiración desde HW24, mientras que Garnacha muestra mayor resiliencia y persiste hasta HW48. CTR en envero es siempre mayor en las dos variedades. En resumen, la respiración, transpiración cuticular y volumen de la baya presentan un comportamiento diferente según la variedad bajo los efectos de la simulación de la ola de calor.

Palabras clave: Garnacha, Syrah, altas temperaturas, encogimiento de la baya, cambio climático.

INTRODUCCIÓN

Los dos factores más abordados sobre los posibles efectos del cambio climático (CC) en la viticultura son el térmico y el hídrico. Ambos efectos tienen un impacto en el desarrollo de la vid y la composición de la uva, determinando los rendimientos y la calidad de las uvas y, por lo tanto, del vino elaborado. El efecto más medible del cambio climático es el aumento constante de las temperaturas, que se espera continue el incremento a nivel global y con cambios importantes en los ciclos globales hidrológicos y energéticos (IPPC, 2014) lo que resultará en un aumento de la radiación y de la frecuencia y gravedad de los fenómenos meteorológicos extremos (Drouilia, 2021). En España, la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) define ola de calor como un período de al menos tres días consecutivos en que al menos el 10% de las estaciones meteorológicas consideradas registren temperaturas ambientales por encima del percentil del 95% de su serie de temperaturas máximas diarias de los meses de julio y agosto del periodo 1971-2000. En nuestro territorio,

las olas de calor han empezado a sucederse con mayor frecuencia e intensidad. Hay variedades más afectadas que otras, con importantes pérdidas que superan el 50%, pero en algunas fincas concretas puede rozar el 100%, con una pérdida de toda la cosecha. Es importante entender como unas variedades arraigadas en el territorio, resistentes a la sequía, no hayan podido soportar los golpes de calor de los últimos años, con elevadas temperaturas superiores a los 40ºC. Este fenómeno, que viene acelerándose en los últimos años, supone una gran amenaza para la viabilidad de este cultivo en zonas de secano (Zufferey, 2015). Estos picos de temperatura coinciden con un descenso de la humedad relativa, que implican un incremento de la transpiración y una disminución del agua disponible en el suelo. El grado de exposición al sol de la finca, según su ubicación y orientación, también es determinante. El estudio de los efectos de las olas de calor en la fisiología de la uva en nuestras condiciones nos permitirá entender mejor los mecanismos para enfrentarse a ellas de y definir estrategias de manejo de cultivo y criterios de selección de material vegetal mejor adaptado a las futuras condiciones.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación del viñedo: Con el fin de determinar la vulnerabilidad de la vid al marchitamiento de la baya, se realizó un seguimiento del estado fisiológico de la vid, el microclima del racimo y el estado del fruto en una parcela experimental en las instalaciones del IRTA ubicadas en Gandesa (Tarragona). Comparamos Syrah, como testigo por estar descrito como un cultivar sensible y bien documentado en la literatura (Sadras y Soar, 2009; Bonada, 2013; Zufferey et al 2019), y Garnacha, la variedad tinta más cultivada en Cataluña (Escobar, 2022). En el primer año de estudio, se ha simulado el efecto en condiciones de laboratorio. Los datos meteorológicos se obtuvieron de la estación meteorológica oficial (Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques del Servei Meteorològic de Catalunya).

Simulación de olas de calor en condiciones controladas: Para determinar la respuesta de las bayas a las olas de calor, se aplicó un tratamiento de choque térmico en condiciones controladas, basado en la definición de calor para la DO Terra Alta, que sería superando la temperatura máxima diaria de 37,2ºC durante 3 días consecutivos. Se muestrearon 6 racimos por tratamiento y fecha (entre el tamaño del guisante y el envero, justo en el envero completo y una semana antes de la fecha de cosecha prevista), se conservaron en un refrigerador y se llevaron al laboratorio. Se guardaron 3 racimos tapados con una bolsa negra a temperatura ambiente de laboratorio y otros 3 racimos en una estufa durante 24h, 48h y 72h, según tratamiento, sometiéndose a una temperatura máxima de entre 40 y 42ºC, durante 4 horas (Fig. 1). Todos los racimos se conectaron por el pedúnculo del raquis a un suministro de agua para garantizar la hidratación. Luego, se cortaron por el pedicelo 5 bayas por cada tratamiento, realizando 3 repeticiones. Cada muestra se escaneó para obtener el volumen inicial de las bayas, se midió la respiración ($NCER_{25}$), se pesó y se secó en condiciones de laboratorio durante dos semanas, pesando y midiendo la respiración cada 3 días. Al final, todas las muestras fueron escaneadas para obtener la pérdida de volumen ($\%V_{loss}$), la pérdida de agua diaria y se colocaron en la estufa a 60ºC hasta peso constante, para obtener el peso seco y se calculó la tasa de transpiración cuticular (CTR).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tasa de respiración cuticular (CTR) es mayor en envero en las dos variedades, siendo más elevada en Syrah. En pre-vendimia y en vendimia son menores que en envero y ligeramente mayores en Syrah. La variedad Syrah parece perder más agua a través de la cutícula de la baya que en Garnacha. Estos datos concuerdan en que la pérdida de volumen

en envero es mayor en Syrah que en Garnacha, mientras que en maduración la pérdida de volumen presenta valores similares a Garnacha, pero con una mayor dispersión, debido probablemente a que las pérdidas ya se producen desde estadios más tempranos y el estado de la baya llega a maduración en peores condiciones. En resumen, se observa que el efecto simulado de HW depende más de la variedad que de las condiciones simuladas. La pérdida de volumen en la simulación muestra que Syrah es más sensible a la deshidratación desde el envero. El modelo simulado en laboratorio proporcionaría una buena aproximación en envero, siendo el ciclo de 24 y 48 horas suficiente para diferenciar los efectos de la simulación de las olas de calor entre las dos variedades. La tasa de respiración ($NCER_{25}$) muestra también valores mayores en Syrah desde envero hasta maduración. Aunque la variabilidad de los valores de respiración presenta más dispersión bajo el efecto simulado de las HW, en la variedad Garnacha los valores máximos son similares al CT. Como consecuencia se podría actuar sobre posibles estrategias de manejo de viñedo a partir de estadios fenológicos más tempranos previos a envero para evitar pérdidas de producción severas, sobre todo en aquellas variedades más susceptibles a la pérdida de agua.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto VUMOC (AEI/10.13039/501100011033).

REFERENCIAS

Bonada, M., Sadras, V., Moran, M. *et al*. 2013. Elevated temperature and water stress accelerate mesocarp cell death and shrivelling, and decouple sensory traits in Shiraz berries. *Irrig Sci* **31**, 1317–1331. https://doi.org/10.1007/s00271-013-0407-z

Droulia, F., Charalampopoulos, I. 2021. Future Climate Change Impacts on European Viticulture: A Review on Recent Scientific Advances. Atmosphere,12, 495.Ough, C.S. and Amerine, M.A. 1988. Methods Analysis of Musts and Wines. John Wiley & Sons, New York.

Escobar, C. 2022. Informe sobre el sector vitivinícola a Catalunya Març de 2022. L'Observatori de la vinya, el vi i el cava. Dept d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. https://agricultura.gencat.cat/web/.content/de_departament/de02_estadistiques_observatoris/08_observatoris_sectorials/02_observatori_vinya_vi_cava/fitxers_estatics/informes/2022_informe-1_v2_rev.pdf

IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of theIntergovernmental Panel on Climate Change; Core Writing Team, Pachauri, R.K., Meyer, L., Eds.; IPCC: Geneva, Switzerland, 2014; p. 151, ISBN 978-92-9169-143-2.

Rustioni, L., Maghradze, D., y Failla, O. 2012. Optical Properties of Berry Epicuticular Waxes in Four Georgian Grape Cultivars (*Vitis vinifera* L.). South Afr. J. Enol.Vitic, 33(2): 138-143. https://doi.org/10.21548/33-2-1111

Sadras V.O. and Soar C.J. 2009. Shiraz vines maintain yield in response to a 2-4 degrees C increase in maximum temperature using an open-top heating system at key phenostages. Europ. J. Agron. 31(4): 250- 258. https://doi.org/10.1016/j.eja.2009.09.004.

Zufferey, V., Spring, J.-L., Voinesco, F., Viret, O., & Gindro, K. 2015. Physiological and histological approaches to study berry shrivel in grapes. OENO One, 49(2), 113–125. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2015.49.2.89

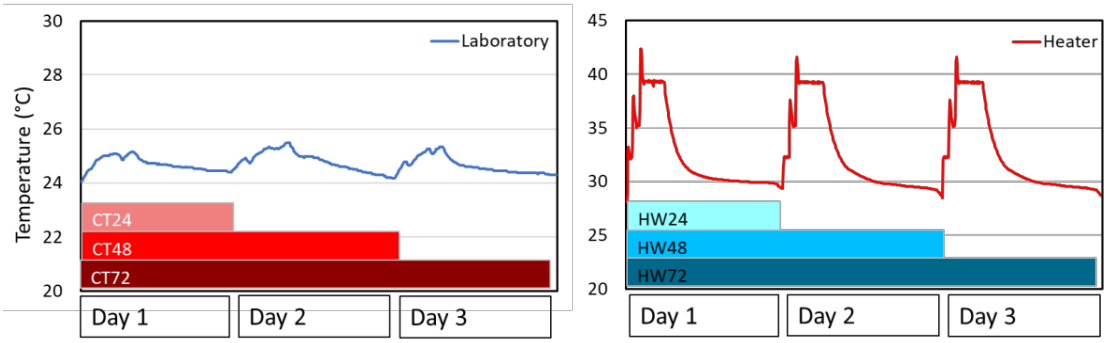


Fig1. Condiciones experimentales de la simulación de las olas de calor. Condiciones ambientales de temperatura en el laboratorio (izquierda) y ciclos de temperatura de los 3 periodos, 24h, 48h y 72 h (derecha). Nótese que las escalas del eje de ordenadas son distintas entre gráficos para mayor claridad visual.

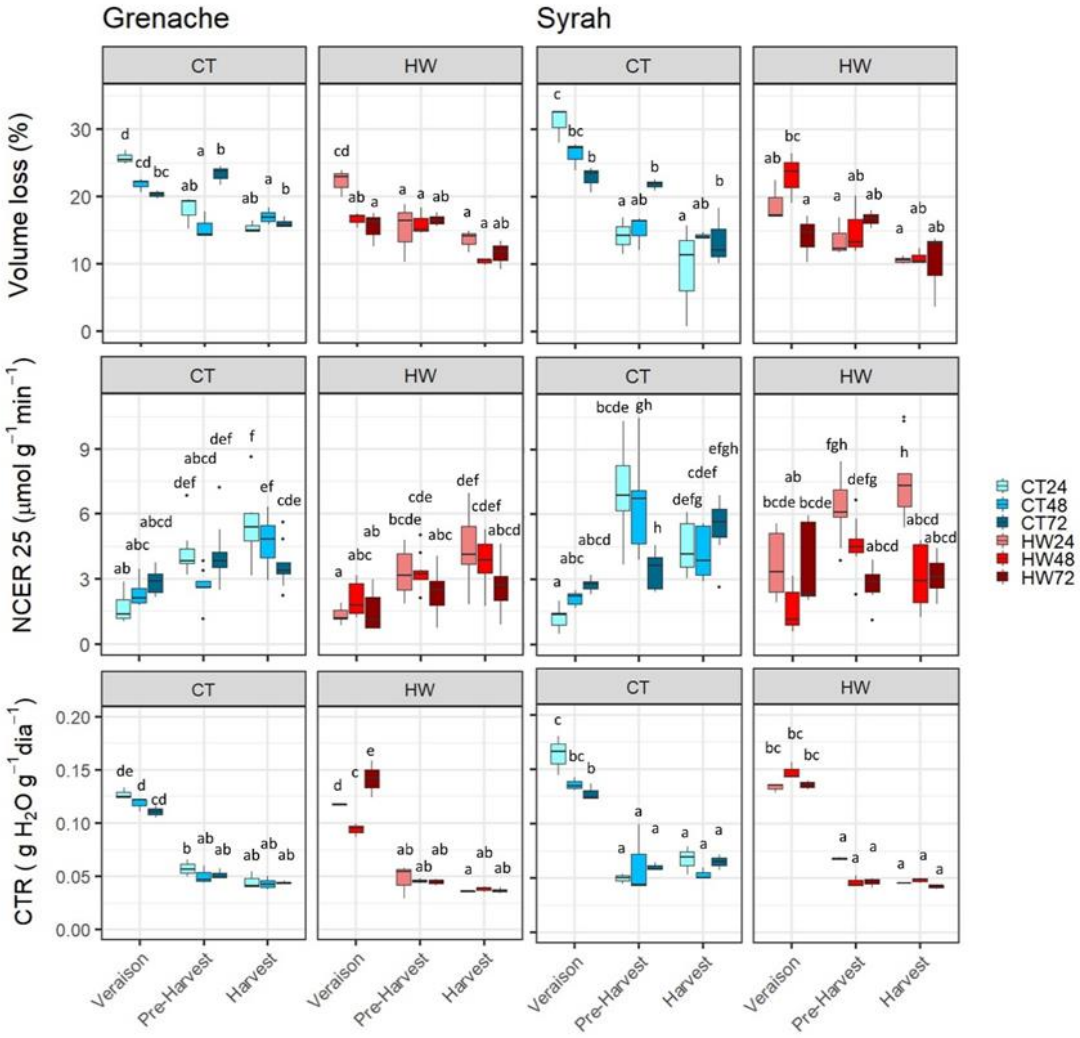


Fig. 2. Pérdida de volumen de baya (%), tasa de transpiración cuticular, CTR (g H_2O· DW g^{-1}·día^{-1}) y respiración ($NCER_{25}$, µmol·g^{-1}·min^{-1}) en Garnacha y Syrah. Control (CT) y bajo el efecto de ola de calor simulado en laboratorio (HW) en la escala temporal de 24, 48 y 72h de deshidratación simulada. Las diferentes letras denotan diferencias significativas entre tratamientos y temperaturas dentro una misma variedad (P<0.05).

Evaluación del estado hídrico de cuatro variedades tintas de vid, según la frecuencia de riego deficitario – Irrivitis

Amelia Montoro[1*], Jesús Yuste[2], Javier J. Cancela[3], Irene Torija[1], Daniel Martínez-Porro[2], Marta Rodríguez-Febereiro [3], María Fandiño[3], Luis A. Mancha[4], David Uriarte[4]

[1]Instituto Técnico Agronómico Provincial, Pol. Campollano, Avda. Segunda, nº 61, 02007 Albacete

[2] Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León, Ctra. Burgos km 119, 47071 Valladolid.

[3] GI-1716, Universidad de Santiago de Compostela, Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, Rúa Benigno Ledo s/n, 27002 Lugo.

[4] Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura, Ctra. A-V, km372, 06187 Guadajira, Badajoz.

**Autora: meli.itap@dipualba.es*

Resumen

El riego constituye uno de los principales factores determinantes del desarrollo del viñedo en muchas regiones productoras de uva, por lo que los efectos de su aplicación han sido estudiados en diferentes ámbitos. Sin embargo, la frecuencia de aplicación de una determinada dosis de agua de riego que afecta a la distribución del agua en el suelo, puede influir en el comportamiento hídrico del viñedo, por lo que su estudio resulta de interés en diversas condiciones de cultivo. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de dos frecuencias de riego deficitario del 30% ETo (un riego por semana, T07, y dos riegos por semana, T03) en el estado hídrico, medido a través del potencial de tallo a mediodía solar. El experimento se desarrolló durante el año 2021, en viñedos de Garnacha Tinta, Tempranillo, Syrah y Mencía, localizados en Badajoz, Valladolid, Albacete y Lugo respectivamente. Las medidas de potencial hídrico se realizaron con periodicidad semanal en dos días de la semana correspondientes al día previo al riego de T07 y T03 (pre-riego) y a dos días después de dicho riego (post-riego). Los resultados de potencial hídrico de tallo mostraron una mayor capacidad de discriminación entre tratamientos cuando las medidas se realizaron en post-riego que cuando se hicieron en pre-riego. Las diferentes frecuencias de riego mostraron ligeros cambios en el estado hídrico de las cepas, con tendencia favorable a T03 o a T07 según la fase del ciclo vegetativo, que fueron variables en función del factor variedad-localización. La variabilidad observada en dichos resultados anuales, condicionada por la variedad y las características edafoclimáticas de cada localización, sugiere la conveniencia de continuar con el estudio en las próximas campañas, para comprender mejor el efecto de la frecuencia de aplicación de riego en la respuesta hídrica de cada variedad.

Palabras clave: déficit hídrico, potencial hídrico, Garnacha, Tempranillo, Syrah, Mencía.

INTRODUCCIÓN

La frecuencia de riego es uno de los factores más importantes en la programación del riego por goteo. Debido a las diferencias en la humedad del suelo y el patrón de humectación, los rendimientos de los cultivos pueden ser diferentes cuando se aplica la misma cantidad de agua con diferentes frecuencias de riego (Wang et al., 2006; Sebastián et al., 2015). Muchos experimentos han mostrado respuestas positivas en algunos cultivos bajo alta frecuencia de riego por goteo (Freeman et al., 1976). En cambio, otros no han respondido de la misma manera (Montoro et al., 2016), no definiéndose una frecuencia de riego óptima en la literatura, ya que todo indica que podría depender del cultivo, entre otros factores. Meshkat et al. (2000), demuestran que un régimen de riego con una frecuencia excesivamente alta puede hacer que la superficie del suelo permanezca húmeda, aumentando la componente evaporativa y por tanto, aumentando la pérdida de agua. La FAO, en 2012, sugirió que el manejo de los sistemas de riego debería estar en consonancia con diferentes prácticas agronómicas, mediante las cuales se maximizase la cantidad de agua que se destina a un uso beneficioso a través de la transpiración de los cultivos y que se minimizase la cantidad de agua que se pierde por evaporación. En este sentido, la frecuencia de riego se presenta como una práctica importante a estudiar, máxime cuando en el cultivo de la vid las referencias son escasas (Montoro et al., 2016). Por ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar semanalmente el estado hídrico de cuatro variedades tintas de vid (Garnacha Tinta, Tempranillo, Syrah y Mencía), con dos frecuencias de riego diferentes, todo ello enmarcado dentro del Proyecto de Investigación IRRIVITIS (PID2019-105039RR).

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en 2021 en cuatro explotaciones agrarias de diferentes provincias de España, en las que en cada una de ellas se trabajó con una variedad de uva vinífera tinta: Garnacha Tinta en Badajoz, Tempranillo en Valladolid, Syrah en Albacete y Mencía en Lugo.

El clima es de tipo semiárido mediterráneo en tres de las cuatro localidades y oceánico templado en Lugo. Las características edáficas de las parcelas (textura, profundidad, capacidad de retención de agua), así como las características de las plantaciones, se muestran en la Tabla 1.

Se ensayaron dos tratamientos de riego, en cuatro repeticiones, distribuidas en bloques al azar, para las variedades Garnacha Tinta, Tempranillo y Mencía y tres repeticiones para Syrah. Las cuatro variedades fueron regadas con un 30% de la Evapotranspiración de Referencia desde baya tamaño guisante hasta vendimia. La Tabla 2 muestra las cantidades de agua recibidas, tanto por riego como por lluvia en cada una de ellas.

Se ensayaron dos tratamientos de frecuencia riego, los cuales diferían únicamente en el número de riegos semanales aplicados. Uno de ellos fue el T03, en el que se programaron dos riegos semanales y otro el T07, en el que se aportó la misma cantidad de agua, pero en un solo riego semanal.

El estado hídrico de la planta se evaluó mediante el potencial hídrico de tallo a mediodía solar con bomba de presión (Scholander, M-600®). Para ello se embolsaron las hojas seleccionadas en bolsas opacas, como mínimo 30 minutos antes de la medida,

procediendo posteriormente a su medida (Begg y Turner, 1976). La periodicidad fue semanal, midiendo el día previo al riego de T07 y T03 (preriego) y a dos días después de dicho riego (post-riego).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las figuras 1A, B y C muestran los potenciales hídricos de tallo en pre-riego, medidos a mediodía solar, de las variedades Garnacha Tinta, Tempranillo y Mencía, respectivamente. Las tres variedades mostraron potenciales descendentes desde tamaño guisante hasta vendimia. Para una misma fecha de medida siempre fueron menores los de Garnacha Tinta en Badajoz, le siguieron los de Tempranillo en Valladolid y por último los más altos los de Mencía en Lugo, por lo que a pesar de cubrir las necesidades hídricas de las variedades estudiadas con el mismo porcentaje de la ET_o, el efecto clima, ampliado más allá del concepto de demanda evaporativa, fue probablemente el explicativo de esas diferencias, además del factor genético. Las figuras 1D, E y F muestran los potenciales hídricos de tallo en post-riego, medidos a mediodía solar para las variedades Garnacha Tinta, Tempranillo y Syrah, respectivamente. Los valores que alcanzaron las tres variedades a los dos días de haberse efectuado el riego, fueron muy próximos, oscilando desde -0,6 MPa a -1,1 MPa. Cuando se diferenciaron los tratamientos estadísticamente, en el caso de Garnacha Tinta, siempre el T03 alcanzó valores más bajos que el T07, al igual que Tempranillo, pero ésta en fechas de demanda evaporativa más baja (finales de septiembre), ya que con alta demanda evaporativa (finales de agosto), se comportó de forma inversa. Syrah mostró siempre valores más bajos en el tratamiento de un riego semanal (T07).

Se puede concluir que el comportamiento de las tres variedades en respuesta a los tratamientos de riego ha sido similar. Así, bajo condiciones de un estrés hídrico suave a moderado, el tratamiento de dos riegos semanales ha sido menos efectivo que el tratamiento de un riego semanal. En cambio, bajo estrés más severo, se ha invertido la tendencia y ha alcanzado potenciales más bajos el tratamiento de un riego semanal.

Las diferencias encontradas en el comportamiento ante la frecuencia de riego en las cuatro variedades estudiadas, puede ser debida a múltiples causas entre las que se encuentran el efecto edafoclimático sobre el desarrollo del cultivo (Ohana-Levi et al., 2022), el resultado de las componentes evaporativas y transpirativas (Montoro et al., 2016), y regulaciones estomáticas intrínsecas (Herrera et al., 2021). Por ello, es necesario continuar con el estudio en las próximas campañas, para comprender mejor el efecto de la frecuencia de aplicación de riego en la respuesta hídrica de cada variedad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación obtenida del Ministerio de Ciencia e Innovación, a través de las ayudas a Proyectos I+D+i, en el marco de los Programas Estatales de Generación de Conocimiento y Fortalecimiento Científico y Tecnológico del Sistema I+D+i y de I+D+i orientada a los Retos de la Sociedad, a los proyectos PID2019-105039RR-C41, PID2019-105039RR-C42, PID2019-105039RR-C43 y PID2019-105039RR-C44.

REFERENCIAS

Begg, J. E., Turner, N. C., 1976. Crop water deficits. Adv. Agron. 28, 161-217.

FAO, 2012. Coping with water scarcity. An Action Framework for Agriculture and Food Security. FAO Water Reports, no. 38.

Freeman, B.M., Blackwell, J., Garzoli, K.V., 1976. Irrigation frequency and total water

application with trickle and furrow systems. Agric. Water Manag. 1, 21–31.
Herrera, J.C., Calderan, A., Gambetta, G.A., Peterlunger, E., Forneck, A., Sivilotti, P., Cochard, H., Hochberg, U. 2021. Stomatal responses in grapevine become increasingly more tolerant to low water potentials throughout the growing season. The Plant Journal, Volume 109, Issue 4: 804-815.
Meshkat, M., Warner, R.C., Workman, S.R., 2000. Evaporation reduction potential in an undisturbed soil irrigated with surface drip and sand tube irrigation. Trans.ASAE 43 (1), 79–86.
Montoro, A., Mañas, F., López-Urrea, 2016. Transpiration and evaporation of grapevine, two components related to irrigation strategy. Agric. Water Manag. 177, 193-200.
Ohana-Levic, N, Ferman Mintz, D., Hagag N., Stern, Y., Munitz, S., Friedman-Levi, Y., Shacham, N., Grünzweig, J.M., Netzer, Y. 2022. Grapevine responses to site-specific spatiotemporal factors in a Mediterranean climate. Agric. Water Manag. 259, 107226.
Sebastián, B., Baeza, P., Santesteban, L.G., Sánchez de iguel, P., De La Fuente, M.,Lissarrague, J.R., 2015. Response of grapevine cv. Syrah to irrigation frequency and water distribution pattern in a clay soil. Agric. Water Manag. 148, 269–279.
Wang, F., Kang, Y., Liu, S., 2006. Effects of drip irrigation frequency on soil wetting pattern and potato growth in North China Plain. Agric. Water Manag. 79,248–264.

Tablas

Tabla 1. Principales características de los ensayos de las 4 variedades estudiadas

	Garnacha tinta	Tempranillo	Syrah	Mencía
Textura	Arcillosa/Franco-arcillosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Capacidad de retención de agua (mm/m)	132	130	100	152
Tipo de poda	Cordón Royat Bilateral	Cordón Royat Bilateral	Cordón Royat Bilateral	Guyot simple
Marco de plantación	3 x 1,40	3 x 1,20	3 x 1,25	3 x 1,20
Plantas por hectárea	2381	2778	2666	2778

Tabla 2. Cantidades de agua recibidas en las variedades estudiadas

	Garnacha tinta	Tempranillo	Syrah	Mencía
Lluvia en prebrotación desde 1 de noviembre (mm)	232	242	192	575
Lluvia brotación-vendimia (mm)	111	122	179	231
ET_0 brotación-vendimia (mm)	893	746	784	663
Riego brotación-vendimia (mm)	139	126	128	31
Agua total recibida en periodo vegetativo (mm)	250	248	307	262

Figuras

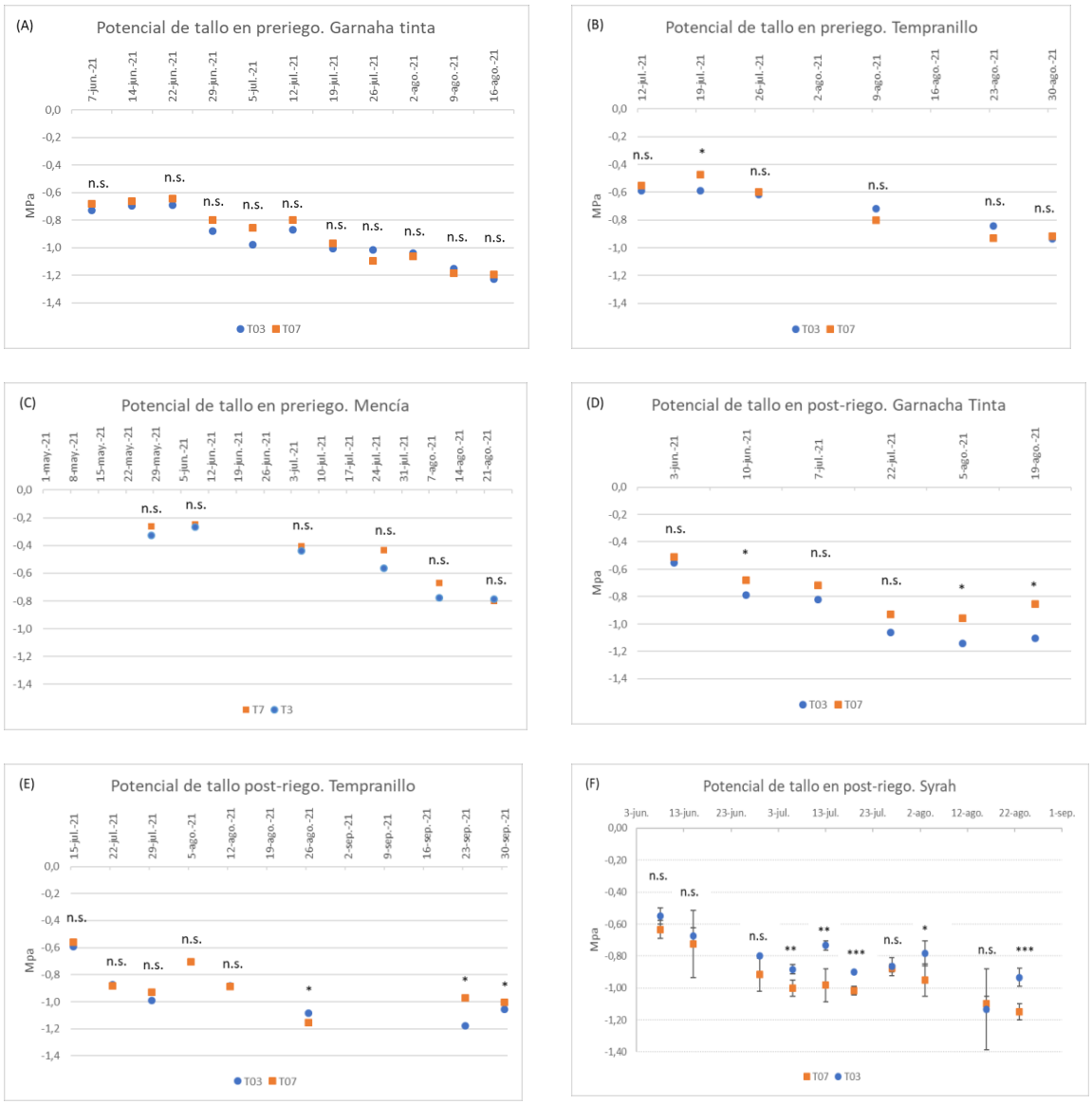


Fig. 1. Potencial de tallo en preriego para las variedades Garnacha Tinta (A), Tempranillo (B), Mencía (C) y en post-riego para la variedad Garnacha Tinta (D), Tempranillo (E) y yrah (F). : *<0.05, **<0.01, ***<0.001, n.s.: no significativo.

Manejo del estado hídrico del viñedo: metaanálisis de sus efectos sobre el rendimiento y la composición de la uva

D. Uriarte[1], J.M. Mirás Avalos[2], I. Buesa[3], J.J. Cancela[4], J.L. Chacón[5], J.M. Escalona[3], D.S. Intrigliolo[6], M. Lampreave[7], A. Montoro[8], L. Rivacoba[9], F. Visconti[6], J. Yuste[10], L.G. Santesteban[11] y C. Miranda[11*]

[1]Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX), Instituto de Investigación Agrícola "Finca La Orden-Valdesequera", Guadajira, Badajoz (Extremadura)

[2]Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón-CITA, Zaragoza (Aragón)

[3]Instituto de investigaciones agroalimentarias y de economía del agua. Universidad de las Islas Baleares INAGEA-UIB, Palma (I. Baleares)

[4]Escola Politécnica Superior de Enxeñaría, Universidad de Santiago de Compostela (USC), Dpto. Ingeniería Agroforestal, GI-1716, Projects and Planification, Lugo (Galicia)

[5]Instituto Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario y Forestal de Castilla-La Mancha (IRIAF), Ciudad Real, (Castilla-La Mancha)

[6] Centro de Investigaciones sobre Desertificación-CIDE (CSIC, UVEG, GVA), Moncada (Valencia)

[7]Departament de Bioquímica i Biotecnologia. Facultat d'Enologia de Tarragona. Universitat Rovira i Virgili-URV, Tarragona (Cataluña)

[8]Instituto Técnico Agronómico Provincial (ITAP). Servicio de Asesoramiento de Riegos. Albacete, (Castilla-La Mancha)

[9]Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV) Finca La Grajera, Logroño (La Rioja)

[10]Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACYL), Valladolid (Castilla y León)

[11]Universidad Pública de Navarra (UPNA), Pamplona, (Navarra)

**C. Miranda: carlos.miranda@unavarra.es*

Palabras clave: Viticultura, cambio climático, eficiencia en el uso del agua, estrés hídrico

Resumen

El viñedo mediterráneo se ha cultivado tradicionalmente en secano, pero en las últimas décadas la superficie regada ha aumentado de forma notable, buscando minimizar los efectos adversos que el estrés hídrico severo produce sobre la calidad y la producción. Dada la gran superficie que ocupa el viñedo, y la creciente escasez de recursos hídricos, es preciso desarrollar estrategias de optimización y uso eficiente del agua que reduzcan el riesgo de sobreexplotación. Por medio de un metaanálisis, se pretende poner en valor el conocimiento previo generado en diferentes proyectos de investigación. La base de datos recopila en torno a 1.400 repeticiones pertenecientes a 41 ensayos realizados en España entre 1996 y 2020, que abarcan un amplio rango de condiciones edafoclimáticas y de cultivo, clasificando cada repetición por su nivel de estrés hídrico en severo, alto, moderado, leve e inexistente. Se evaluaron las ratios medias de respuesta y la proporción de cambio producidos por la disminución del estrés hídrico sobre el desarrollo vegetativo, el rendimiento y la composición de la uva. Los cambios fueron siempre significativos,

independientemente del nivel de estrés de partida, aunque los patrones difirieron según los parámetros analizados. Así, el cambio en peso de madera de poda y la producción al disminuir el estrés estuvo entre un +5% y un +35%, y los mayores cambios se produjeron al pasar de estrés alto a moderado. El contenido en solidos solubles de las bayas varió entre un -0,4% y un -1,5% al disminuir el estrés, excepto cuando se pasó de alto a moderado (+0,75%). En el caso de la acidez titulable, el cambio de pasar de un estrés severo a alto fue del -1,4%, mientras que en el resto de los casos aumentó (entre +2,7% y +5,5%). Los resultados muestran el impacto global del manejo del estado hídrico del viñedo y constituyen una valiosa herramienta para la gestión de este recurso.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático y la creciente escasez de los recursos hídricos suponen un gran desafío para el desarrollo agrícola, al que la viticultura no es ajena, especialmente desde las últimas décadas en las que se ha incrementado notablemente la superficie regada. Ésta ha aumentado como forma de aliviar los efectos del estrés hídrico severo, que afecta negativamente a la producción y la calidad (Flexas et al., 2010). Sin embargo, dada la gran superficie que ocupa el viñedo en nuestro país, podría aumentar el riesgo de sobreexplotación de los recursos hídricos, lo que produciría impactos económicos y medioambientales indeseables (Pulido-Velázquez et al., 2008). Se precisa por tanto desarrollar estrategias que permitan un uso más racional del agua y garanticen la sostenibilidad ambiental de la viticultura. Ésta no es una tarea sencilla, ya que la respuesta de la vid a la disponibilidad hídrica y la eficiencia en el uso del agua pueden ser muy variables en función de factores genéticos, medioambientales, edáficos y de manejo, así como de sus interacciones (Medrano et al., 2015).

Este trabajo se enmarca en el proyecto WANUGRAPE4.0, que pretende capitalizar el conocimiento previo adquirido en proyectos anteriores por equipos investigadores de todo el país. Se ha realizado un metaanálisis en el que se ha evaluado la influencia del manejo del estado hídrico del viñedo, por medio de la disminución del nivel de estrés durante el ciclo, sobre el desarrollo vegetativo, el rendimiento y la composición de la uva.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha utilizado un base de datos recopilada durante el proyecto AGL2017-90759-REDT "Nuevos avances en viticultura – RedVitis 2.0", que se ha ampliado en el seno del proyecto WANUGRAPE4.0, en la que se introdujo información procedente de 41 ensayos realizados entre 1996 y 2020 en nueve Comunidades Autónomas. La base de datos contempla información sobre desarrollo vegetativo, rendimiento, características de la uva y potencial hídrico y recopila en torno a 1.400 repeticiones, que abarcan a 19 variedades (9 blancas y 10 tintas) con un amplio rango de condiciones edafoclimáticas y de cultivo.

Cada repetición se clasificó por su nivel de estrés hídrico de tallo durante el ciclo utilizando los niveles definidos en Baeza (2017): Severo (<-1,2 MPa), Alto (-1,2 a -0,936 MPa), Moderado (-0,936 a -0,674 MPa), Leve (-0,674 a -0,411 MPa) y Sin Estrés (>-0,411 MPa). Dentro de cada ensayo y año se definieron tantas observaciones como niveles de estrés identificadas, calculando la media y la desviación estándar de cada observación para las variables respuesta analizadas (producción, peso de madera de poda, contenido en sólidos solubles (SST) y acidez titulable). Se calcularon las ratios de respuesta (*RR*) para cuantificar el efecto de la disminución del nivel de estrés en cada ensayo y año por medio de la Eq 1:

$$RR = \ln X_{es} - \ln X_{ei} \quad \text{(Eq 1)}$$

en la que X_{es} es el valor medio de la variable respuesta para el nivel de estrés superior y X_{ei} es el valor medio para el nivel de estrés inmediatamente inferior. Se calculó el factor de ponderación ω para cada *RR* a partir de la Eq 2:

$$\omega = \frac{1}{\frac{s_{es}^2}{n_{es} \times X_{es}^2} + \frac{s_{ei}^2}{n_{ei} \times X_{ei}^2}} \quad \text{(Eq 2)}$$

donde *s* es la desviación estándar y *n* el número de repeticiones de cada observación. La ratio de respuesta media ponderada (RR_p) se calculó por medio de la Eq 3:

$$RR_p = \frac{\sum_{i=1}^{j} \omega_i \times RR_i}{\sum_{i=1}^{j} \omega_i} \quad \text{(Eq3)}$$

donde *j* es el total de *RR* calculados en el conjunto de ensayos y años, ω_i es el factor de ponderación de la ratio de respuesta RR_i. Se calculó también la proporción de cambio (*C%*) por medio de la Eq 4:

$$C\% = (e^{RR} - 1) \times 100 \quad \text{(Eq 4)}$$

Los resultados fueron representados gráficamente en RStudio por medio del paquete *forestplotter* 0.1.9 (Dayimu, 2022).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de repeticiones que integran el nivel superior y el inferior de cada comparación fue uniforme en todos los casos. El número de repeticiones fue elevado en las comparaciones que involucraron a los niveles de estrés 'Alto' y 'Moderado', con entre ≈100 y ≈250 repeticiones.

Para el peso de madera de poda y la producción (Figura 1), la disminución del nivel de estrés tuvo siempre un efecto significativo, ya que los intervalos al 95% de confianza nunca contuvieron el valor cero. El patrón y la intensidad de respuesta en ambos parámetros fueron muy similares, y la disminución del nivel de estrés siempre incrementó la magnitud de estos parámetros. El mayor incremento se observó para el paso de un estrés 'Alto' a uno 'Moderado', siendo de un ≈35% (±5%), mientras que para el resto de los casos comparados fue de entre el ≈5% (±4%) y el 15% (±3%), sin que difirieran entre ellos. En el caso del SST, el paso de un estrés 'Alto' a 'Moderado' incrementó el contenido un 0,75% (±0,5%), lo que supone incrementos medios de entre 0.1 y 0.3 ºBrix en la mayor parte de casos, mientras que para el resto de los casos evaluados la disminución del nivel de estrés resultó en reducciones del SST de hasta el 1,5%, lo que supone hasta 0,5 ºBrix. En el caso de la acidez titulable, el cambio de pasar de un estrés 'Severo' a 'Alto' fue del -1.4% (±1%), mientras que en el resto de los casos aumentó entre un +2,7% y un +5.5%.

Los resultados muestran el impacto global del manejo del estado hídrico sobre la respuesta agronómica del viñedo y constituyen una valiosa herramienta para la gestión del agua en estos agroecosistemas y el desarrollo de sistemas de ayuda a la toma de decisión.

Agradecimientos

Proyectos PDC2021-121210-C21 y PDC2021-121210-C22 financiados por MICIN/AEI 10.13039/501100011033 y por la Unión Europea Next GenerationEU/ PRTR.

Referencias

Baeza, P. (Coord). 2017. Guía de campo de viticultura. Editorial Agrícola. Madrid.

Dayimu, A. 2022. Forestplotter v0.19. Create flexible forest plot. R-package.

Flexas, J., Galmés, J., Gallé, A., Gulías, J., Pou, A., Ribas-Carbo, M., Tomàs, M. and Medrano, H. 2010. Improving water use efficiency in grapevines: potential physiological

targets for biotechnological improvement. Aus. J. Grape Wine Res. 16: 106-121.
Medrano, H., Tomás, M., Martorell, S., Escalona, J.M., Pou, A., Fuentes, S., Flexas, J. and Bota, J. 2015. Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions. A review. Agron. Sustain. Develop. 35(2): 499-517.
Pulido-Velázquez, M., Andreu, J., Sahuquillo, A. and Pulido-Velázquez, D. 2008. Hydro-economic river basin modelling: The application of a holistic surface-groundwater model to assess opportunity costs of water use in Spain. Ecol. Econom. 66(1): 51-65.

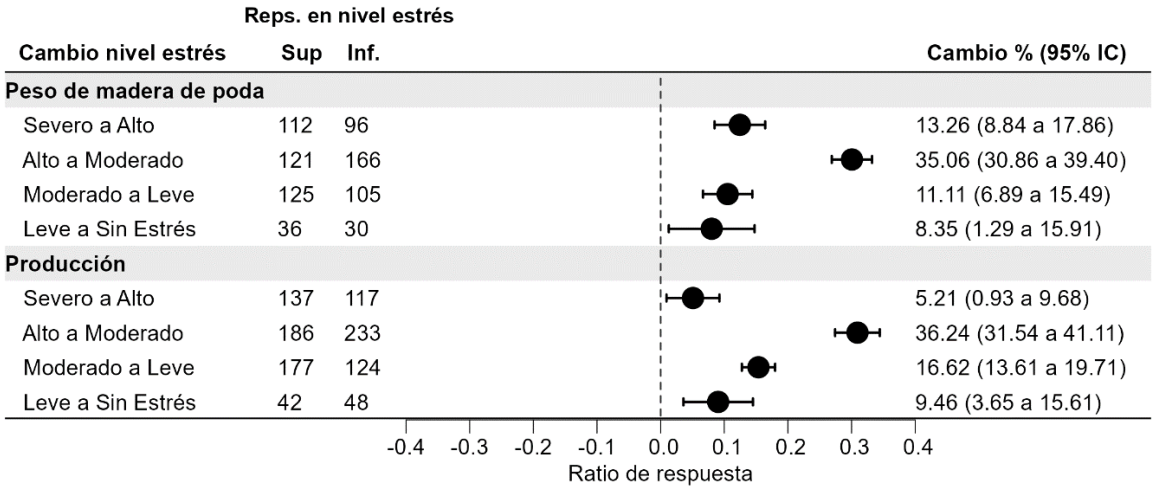


Fig. 1. Efectos de la disminución del nivel de estrés hídrico sobre el peso de madera de poda y la producción del viñedo. Se indica el valor medio y el intervalo para el 95% de confianza. El efecto es significativo si el intervalo de confianza no contiene el valor 0.

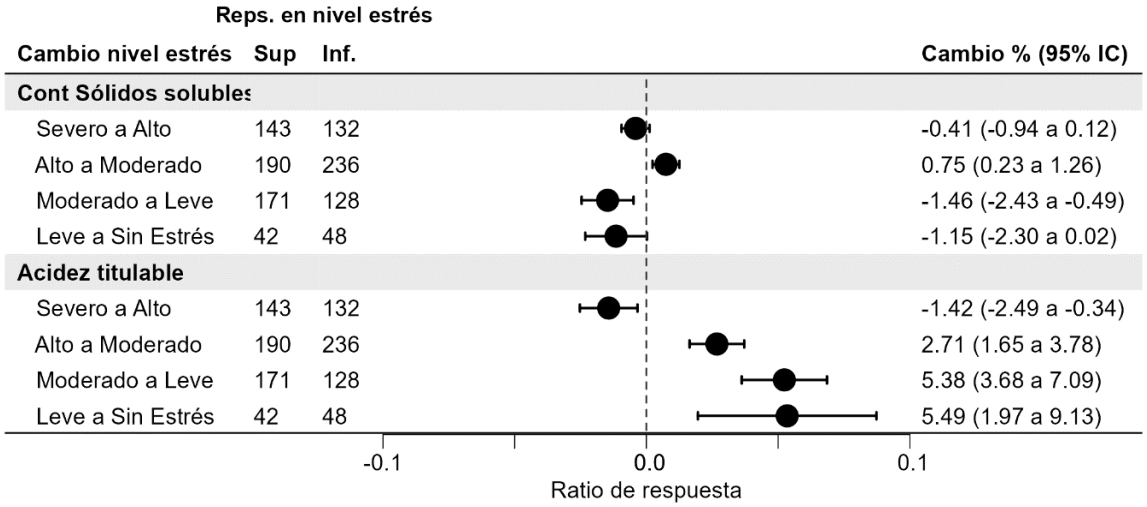


Fig. 2. Efectos de la disminución del nivel de estrés hídrico sobre el contenido en sólidos solubles y la acidez titulable de las bayas. Se indica el valor medio y el intervalo para el 95% de confianza. El efecto es significativo si el intervalo de confianza no contiene el valor 0.

Análisis metabolómico de la interacción patrón-variedad en vid

S. Tedesco[1], A. Erban[2], J. Kopka[2], P. Fevereiro[1,3], F. Kragler [2], A. Pina[4,5*]

[1] Plant Cell Biotechnology Laboratory, Instituto de Tecnologia Química e Biológica António Xavier (Green-It Unit), Avenida da República, Estação Agronómica Nacional, 2780-157 Oeiras, Portugal

[2]Applied Metabolome Analysis Laboratory, Max Planck Institut für Molekulare Pflanzenphysiologie, Wissenschaftspark Golm, Am Mühlenberg 1, 14476 Potsdam-Golm, Alemania

[3] InnovPlantProtect CoLab, Estrada de Gil Vaz Apartado 72, 7351-901 Elvas, Portugal

[4] Departamento de Ciencia Vegetal, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Avenida Montañana 930, 50059, Zaragoza, España

[5] Instituto Agroalimentario de Aragón–IA2 (CITA–Universidad de Zaragoza), Calle Miguel Servet, 177, 50013, Zaragoza, España

* *A. Pina: apina@cita-aragon.es*

Resumen

En viticultura, el injerto se utiliza para propagar vides europeas susceptibles a la filoxera (*Daktulosphaira vitifoliae*) utilizando patrones americanos resistentes. Aunque la señalización recíproca patrón-variedad es esencial para la formación de una unión vascular adecuada y un crecimiento coordinado, el conocimiento de las interacciones patrón-variedad a nivel metabolómico es muy limitado. En este estudio, para dilucidar el contenido de metabolitos y los cambios producidos por la interacción patrón-variedad en vides injertadas en vivero, se ha analizado el metaboloma de las hojas de 11 combinaciones de homo y heteroinjertos con distinto grado de compatibilidad en un estadio temprano de desarrollo de la unión. Las combinaciones estuvieron formadas por seis cultivares de *V. Vinifera spp.* injertados sobre distintos portainjertos 'Richter-110' (110R) y *V. rupestris* (RUP). La comparación del metaboloma entre homo y heteroinjertos reveló un aumento de azúcares en las hojas del homoinjerto, mientras que los ácidos carboxílicos y el metabolismo fenólico aumentaron en los heteroinjertos. Estos resultados confirman que la presencia de dos genotipos diferentes formando una combinación de injerto induce una respuesta relacionada con la defensa. Sin embargo, no se encontraron perfiles de metabolitos secundarios comunes entre combinaciones compatibles e incompatibles, formadas por diferentes cultivares de *V. Vinifera spp.*, sugiriendo que la incompatibilidad de injerto se produce debido a reacciones específicas de patrón-variedad que no son generalizables a diferentes combinaciones. Estos resultados proporcionarán un valioso recurso de metabolómica para los estudios de interacción patrón-variedad y facilitarán los esfuerzos futuros en la identificación de marcadores metabólicos para características agronómicas importantes en vides injertadas.

Palabras clave: Heteroinjerto, hojas, incompatibilidad, perfiles metabólicos, *V. vinifera spp*.

INTRODUCCIÓN

El injerto de *V. vinifera* sobre portainjertos americanos permitió la continuidad de la viticultura después la introducción de la filoxera en Europa (Tedesco et al., 2022). Sin embargo, el injerto entre diferentes genotipos de cultivares y portainjertos implica complejos mecanismos fisiológicos, bioquímicos y moleculares que afectan la formación del injerto, la compatibilidad y el rendimiento de la vid, que aún no son bien entendidos por la comunidad científica (Rasool et al., 2020). En este trabajo, el principal objetivo fue comprender qué cambios metabólicos se producen en las hojas de seis cultivares de *V. vinifera* al injertar con dos portainjertos americanos. En particular, se investigaron los cambios metabólicos que diferencian homo y heteroinjertos y combinaciones de injerto con distinto grado de compatibilidad, así como los cambios en las hojas de *V. vinifera* debido a la interacción con distintos patrones.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio se ha llevado a cabo con dos portainjertos americanos: 'Richter-110' (110R, *V. berlandieri* × *V. rupestris*) y *V. rupestris* (RUP) y seis cultivares de *V. vinífera:* cv. 'Syrah', clones 383 y 470 (SY383 y SY470, clones ENTAV-INRA/FR), cv. 'Touriga National', clones 21 y 112 (Clones TN21 y TN112, ISA/PT y JBP/PT, respectivamente), cv. Alfrocheiro (ALF) y *V. vinifera* subsp. *Silvestris* (SYLV). Las plantas utilizadas se certificaron libres de virus. Diferentes estudios han descrito problemas de incompatibilidad de injerto para el cv. SY383 injertado en 110R (SY383/110R) (Renault-Spilmont et al., 2005) y para TN112/110R (Assunção et al., 2019). Se realizaron combinaciones de homo- y heteroinjertos entre estas plantas usando la técnica de injerto en omega en un contexto de vivero y se mantuvieron en un invernadero hasta que se recolectaron las hojas (5 repeticiones biológicas, siendo cada repetición un grupo de 5 plantas) entre 5 y 6 meses después del injerto. Después de la extracción y derivatización de metabolitos polares, las muestras fueron analizadas por GC-EI-TOF/MS para identificar los perfiles de metabolitos, siguiendo los protocolos descritos en Tedesco et al. 2021. La anotación de metabolitos se realizó mediante coincidencia entre el espectro de masas y el índice de retención, y el análisis estadístico de todas las masas anotadas se realizó en R utilizando el paquete MetaboAnalyst R. Los datos obtenidos se analizaron mediante análisis ANOVA unidireccional y el test de Tukey (diferencias significativas a $p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados mostraron23 metabolitos consistentes y significativamente diferentes entre hojas de combinaciones de homo- y heteroinjertos (Fig. 1). Los homoinjertos revelaron un aumento de azúcares como disacáridos, carbohidratos y azúcares conjugados y de algunos compuestos relacionados con los ácidos carboxílicos, como un conjugado de ácido propanodioico, ácido butano(di)oico y ésteres carboxílicos en comparación con los heteroinjertos. En los heteroinjertos, varios ácidos, incluidos los ácidos carboxílicos, como el ácido butanodioico y los compuestos fenólicos como la epigalocatequina/galocatequina, el ácido benzoico hidroxi y el ácido shikímico aumentaron en comparación con los homoinjertos (Fig. 1). Este estudios confirma que la presencia de dos genotipos diferentes formando una combinación de heteroinjerto induce una respuesta relacionada con la defensa, no solo en la zona del injerto como se describe en estudios previos(Cookson et al., 2014), sino también en las hojas de la variedad. En cuanto a las diferencias encontradas al comparar

cloness más y menos compatibles al injerto de 'Touriga Nacional', se detectó un aumento de aminoácidos en las hojas de la combinación más compatible (Fig. 2), sugiriendo un mejor aprovechamiento o una mayor translocación de nitrógeno por encima de la unión del injerto. Por el contrario, en la combinación de 'Syrah' menos compatible (SY383/110R), diferentes metabolitos secundarios (ácido hidroxifenilpirúvico, ácido propanoico, conjugado), posiblemente involucrados en el metabolismo de los fenoles, aumentaron en comparación con la combinación más compatible (Fig. 2), lo que podría indicar una respuesta relacionada con la defensa (Tedesco et al. 2021). Las diferencias en los perfiles metabólicos no fueron comunes en las dos combinaciones más (o en las dos menos) compatibles entre los cultivares 'Touriga Nacional' y 'Syrah', confirmando que la incompatibilidad surge de reacciones específicas de patrón-variedad que no son generalizables (Gainza et al., 2015). Asimismo, se detectó un número relativamente alto de cambios consistentes en las hojas que dependían del patrón, por lo que las hojas parecen ser un buen tejido para buscar marcadores metabólicos de la interacción patrón-variedad. Estudios previos pusieron de manifiesto que el uso de distintos patrones inducen diferentes estrategias de defensa en las hojas de vid, y se sospecha que están involucrados en el fenómeno de 'priming', en el que la planta se encuentra en un estado persistente de mayor preparación para la defensa (Chitarra et al., 2017). Sin embargo, queda por demostrar si las respuestas relacionadas con la defensa inducidas en las variedades por el patrón mejoran la tolerancia al estrés o si estas respuestas de defensa responden directamente a la percepción de un genotipo de injerto diferente (o a su bioma).

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por la Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), número de subvención PD/BD/128399/2017 y por el Gobierno de Aragón—Fondo Social Europeo, Unión Europea (Grupo Consolidado A12).

REFERENCIAS

Assunção, M., Santos, C., Brazão, J., Eiras-Dias, J.E., Fevereiro, P., 2019. Understanding the molecular mechanisms underlying graft success in grapevine. BMC Plant Biol. 19, 1–17.

Chitarra, W., Perrone, I., Avanzato, C.G., Minio, A., Boccacci, P., Santini, D., Gilardi, G., Siciliano, I., Gullino, M.L., Delledonne, M., Mannini, F., Gambino, G., 2017. Grapevine Grafting: Scion Transcript Profiling and Defense-Related Metabolites Induced by Rootstocks. Front. Plant Sci. 8, 654.

Cookson, S.J., Clemente Moreno, M.J., Hevin, C., Nyamba Mendome, L.Z., Delrot, S., Magnin, N., Trossat-Magnin, C., Ollat, N., 2014. Heterografting with nonself rootstocks induces genes involved in stress responses at the graft interface when compared with autografted controls. J. Exp. Bot. 65, 2473–2481.

Gainza, F., Opazo, I., Muñoz, C., 2015. Graft incompatibility in plants: Metabolic changes during formation and establishment of the rootstock/scion union with emphasis on Prunus species. Chil. J. Agric. Res. 75, 28–34.

Rasool, A., Mansoor, S., Bhat, K.M., Hassan, G.I., Baba, T.R., Alyemeni, M.N., Alsahli, A.A., El-Serehy, H.A., Paray, B.A., Ahmad, P., 2020. Mechanisms Underlying Graft Union Formation and Rootstock Scion Interaction in Horticultural Plants. Front. Plant Sci. 11.

Renault-Spilmont, A.S.; Grenan, S.; Boursiquot, J.M., 2005. Syrah decline. Progrés Agric. Vitic. 122, 15–16.

Tedesco, S., Erban, A., Gupta, S., Kopka, J., Fevereiro, P., Kragler, F., Pina, A. The Impact

of Metabolic Scion-Rootstock Interactions in Different Grapevine Tissues and Phloem Exudates. Metabolites. 11(6):349.
Tedesco, S., Fevereiro, P., Kragler, F., Pina, A., 2022. Plant grafting and graft incompatibility:A review from the grapevine perspective. Sci. Hortic. 299, 111019.

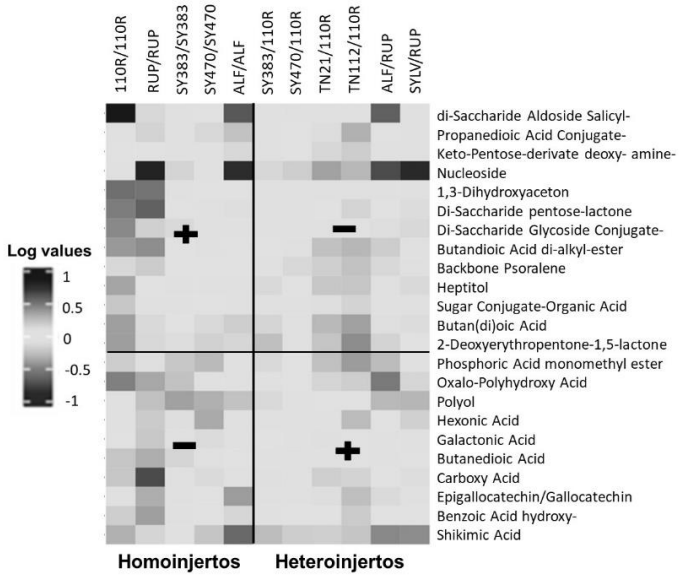


Fig. 1. 'Heatmap' representando homo- versus heteroinjertos en las hojas 5-6 meses después el injerto. Metabolitos que aumentaron (+) o disminuyeron (-) significativamente en al menos el 80 % de las combinaciones de homoinjertos y menos del 20 % de los heteroinjertos a $p < 0,05$ según la prueba *post-hoc* de Tukey. Se indican los valores medios transformados (log_{10}) por combinación de injerto.

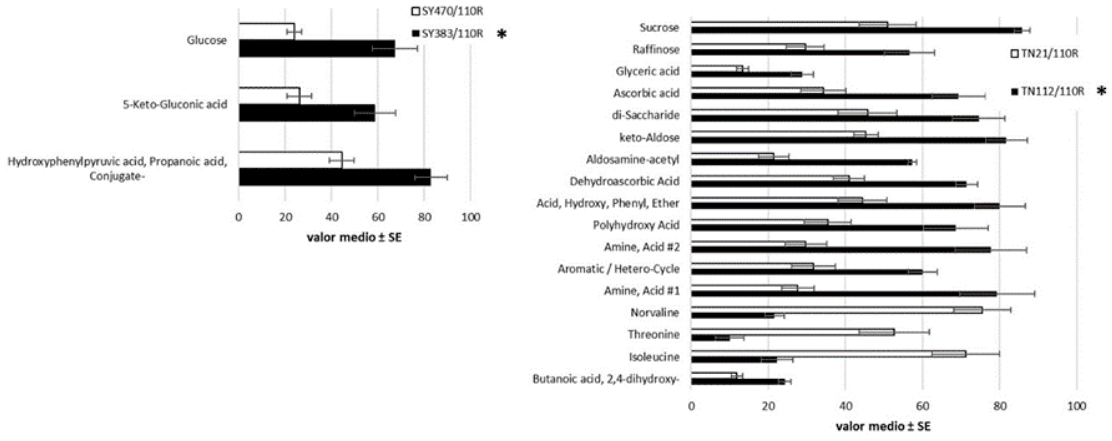


Fig. 2. Metabolitos significativamente diferentes a $p < 0,05$ según la prueba post-hoc de Tukey en las hojas entre combinaciones más y menos (*) compatibles. Gráficos de barras del valor medio ± error estándar (SE).

La técnica de microinjerto *in vitro* revela incompatibilidad translocada en heteroinjertos de vid

Sara Tedesco[1], Patricia Irisarri[2], Friedrich Kragler[3], Pedro Fevereiro[1,4], Ana Pina[2,5*]

[1] Plant Cell Biotechnology Laboratory, Instituto de Tecnologia Química e Biológica António Xavier (Green-It Unit), Avenida da República, Estação Agronómica Nacional, 2780-157 Oeiras, Portugal

[2] Applied Metabolome Analysis Laboratory, Max Planck Institut für Molekulare Pflanzenphysiologie, Wissenschaftspark Golm, Am Mühlenberg 1, 14476 Potsdam-Golm, Alemania

[3] InnovPlantProtect CoLab, Estrada de Gil Vaz Apartado 72, 7351-901 Elvas, Portugal

[4] Departamento de Ciencia Vegetal, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Avenida Montañana 930, 50059, Zaragoza, España

[5] Instituto Agroalimentario de Aragón–IA2 (CITA–Universidad de Zaragoza), Calle Miguel Servet, 177, 50013, Zaragoza, España

* *A. Pina: apina@cita-aragon.es*

Resumen

Actualmente, existe un problema con la longevidad de los viñedos debido a las enfermedades de madera de la vid y los problemas de incompatibilidad de injerto que afectan tanto a viveros como viticultores. Sin embargo, la gran variedad de genotipos que pueden ser injertados produce un amplio número de interacciones diferentes, que reflejan la complejidad del problema de compatibilidad. El objetivo de este trabajo fue evaluar el uso de microinjertos *in vitro* para identificar marcadores fisiológicos que permitan predecir futuras respuestas de incompatibilidad de injerto en vid. Para realizar el trabajo se utilizaron diferentes combinaciones de homo- y heteroinjertos de compatibilidad conocida y se realizó una caracterización histológica e histoquímica (localizando celulosa, almidón, callosa y lignina) de los procesos celulares que tienen lugar durante el desarrollo de la unión a los 28 y 49 días después del injerto. Los resultados histoquímicos mostraron que los heteroinjertos presentaban una disposición celular irregular, una diferenciación vascular más lenta y una persistencia de la capa necrótica en comparación con los homoinjertos. Además, en los heteroinjertos se registró una acumulación de almidón, así como una menor diferenciación de las células del floema, indicando la presencia de síntomas de incompatibilidad translocada. En este estudio, el uso de técnicas *in vitro* demostró ser un método eficaz para la selección precoz de combinaciones de injerto de vid compatibles e incompatibles.

Palabras clave: Histoquímica, incompatibilidad de injerto, selección precoz, *V. vinifera spp*.

INTRODUCCIÓN

La incompatibilidad de injerto puede manifestarse en fallos del crecimiento a corto

plazo o en la ruptura del injerto a largo plazo, causando grandes pérdidas económicas a los viveristas y viticultores (Tedesco et al., 2022). Tradicionalmente, la incompatibilidad del injerto se ha clasificado como translocada, si se encuentra asociada con acumulación de almidón, degeneración del floema y defectos en el crecimiento, y localizada, si se caracteriza por una conectividad vascular deficiente y la posterior ruptura del injerto (Mosse, 1962). Diferentes métodos de cultivo *in vitro* han sido utilizados para la evaluación temprana de la compatibilidad de injerto en diferentes especies debido a su fiabilidad, reproducibilidad y rapidez (Pina et al. 2017). Sin embargo, este tipo de técnicas no se han aplicado en vid para la determinación de las reacciones de (in)-compatibilidad patrón-variedad. En este trabajo, se ha utilizado la técnica de microinjerto *in vitro* para identificar marcadores celulares tempranos de incompatibilidad de injerto en vid en combinaciones de comportamiento conocido al injerto usando el portainjerto Ritcher-110 (Renault-Spilmont et al., 2005; Assunção et al., 2019; Tedesco et al., 2020).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron plantas *in vitro* de *V. vinifera* cv. 'Touriga Nacional', clon 21 y 112 (TN21 y TN112) y cv. 'Syrah', clones 383 y 470 (SY383 y SY470), y el portainjerto 'Ritcher-110' (*V. berlandieri* x *V. rupestris*, 110R). Se analizaron histológicamente homoinjertos de SY470, utilizados como control positivo de compatibilidad, a los 28, 35, 42 y 49 días después del injerto (DAG) y en los mismos tiempos, se evaluó la translocación de diacetato de carboxifluoresceína (CFDA) sumergido en pecíolos, a través de la unión del homoinjerto de 'Ritcher-110'. Los homo- y heteroinjertos fueron fijados a los 28 y 49 DAG (días después del injerto) para análisis histoquímico y a los 49 DAG se evaluó el éxito de prendimiento del injerto de acuerdo con la formación de raíces y/o al crecimiento de la variedad. Los injertos se cortaron longitudinalmente y se realizaron diferentes tinciones en la zona de unión: calcofluor al 0,07 % para la celulosa, naranja de acridina al 0,01 % para paredes celulares lignificadas, floroglucinol-HCl para ligninas, la reacción de yoduro de potasio con yodo (I_2KI) para el almidón, y azul de anilina al 0,1 % para la callosa. Las muestras se observaron utilizando un microscopio óptico y de fluorescencia Olympus BH2-RFCA equipado con un sistema de imagen digital. Se asignaron tres puntuaciones (baja, media y alta) a las combinaciones de injertos en función de su disposición celular, grado de diferenciación e intensidad de la capa necrótica para la tinción con calcofluor, naranja de acridina y fluoroglucinol, respectivamente. Los datosse analizaron mediante la prueba de chi-cuadrado ($p < 0,05$) para evaluar si había relaciones significativas entre las puntuaciones atribuidas y la combinación, tipo de injerto, y tiempo (28 y 49 DAG). Las muestras teñidas con I_2KI y azul de anilina sirvieron para medir el número de almidón/célula y de callosa/célula, respectivamente. Los datos obtenidos se analizaron mediante la prueba de Kruskal-Wallis y múltiples comparaciones de tratamientos ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las observaciones al microscopio pusieron de manifiesto la diferenciación de elementos traqueales a partir de los 28 DAG, capaces de translocar CFDA, y que las combinaciones de homoinjertos se establecen a partir de los 35 DAG. Las evaluaciones del éxito de prendimiento del injerto indicaron que TN112 y SY383 funcionaron mejor que TN21 y SY470 cuando se injertaron en 110R. A pesar de que en estudios realizados en campo se describen las combinaciones TN21/110R y SY470/110R como más compatibles

que las formadas por TN112/110R y SY383/110R (Assunção et al., 2019, Renault-Spilmont et al., 2005), esta diferencia podría ser debida al origen del material vegetal. La tinción con calcofluor reveló una relación significativa entre las combinaciones de injerto y su disposición celular (Tabla 1). En este sentido, la baja organización celular que se encuentra en SY470/110R se correlaciona con su menor tasa de prendimiento del injerto. Los homoinjertos mostraron una relación significativa con el grado de diferenciación celular entre los tiempos estudiados, observándose una mayor diferenciación vascular a los 49 que a los 28 DAG (Tabla 1), mientras que, en los heteroinjertos, la diferenciación vascular se retrasó significativamente, como ocurre en otras especies (Pina et al., 2017; Tedesco et al., 2022). Estos resultados fueron respaldados con la observación de callosa en la zona de unión, donde los homoinjertos se enriquecieron más que los heteroinjertos en callosa en ambos tiempos de estudio, sugiriendo que la regeneración del floema se ve afectada en los heteroinjertos (Tabla 2). En cuanto a la tinción con floroglucinol, se observó una mayor tinción de la capa necrótica en los heteroinjertos que en los homoinjertos a los 49 DAG (Tabla 1), sin indicios de una completa disolución de la capa necrótica en los heteroinjertos que presentaban más tinción a los 49 que a los 28 DAG (Tabla 1). Los resultados obtenidos también revelaron que todos los heteroinjertos estaban significativamente más enriquecidos en almidón que los homoinjertos a los 28 y 49 DAG (Tabla 2) y que los heteroinjertos con menor tasa de prendimiento del injerto (SY470/110R y TN21/110R) fueron los únicos estadísticamente más enriquecidos en almidón a los 49 DAG en comparación con sus respectivos homoinjertos (SY470/SY470 y TN21/TN21) (Tabla 2). En conclusión, se ha demostrado la presencia de incompatibilidad translocada en los heteroinjertos de vid, como se sugirió previamente (Bouquet, 1980), ya que éstos presentaban una disposición celular irregular, una diferenciación vascular más lenta, una persistencia de la capa necrótica, una acumulación de almidón y menor diferenciación de las células del floema. Por lo tanto, las técnicas *in vitro*, y en particular las tinciones de almidón y celulosa pudieron identificar las combinaciones con menor éxito del injerto, y demostraron ser un método eficaz para la detección temprana de incompatibilidad en injertos de vid. Sin embargo, se necesita trabajo adicional para dilucidar cuáles son en cada caso las causas de esta incompatibilidad, lo que podría explicar por qué los niveles de compatibilidad para la misma combinación varían entre los injertos *in vitro* y en el campo.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por la Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), número de subvención PD/BD/128399/2017 y por el Gobierno de Aragón—Fondo Social Europeo, Unión Europea (Grupo Consolidado A12).

REFERENCIAS

Assunção, M., Santos, C., Brazão, J., Eiras-Dias, J.E., Fevereiro, P., 2019. Understanding the molecular mechanisms underlying graft success in grapevine. BMC Plant Biol. 19, 1–17.

Bouquet, A., 1980. Differences observed in the graft compatibility between some cultivars of Muscadine grape (*Vitis rotundifolia* Michx.) and European grape (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon). Vitis 19, 99–104.

Mosse, B., 1962. Graft-incompatibility in fruit trees with particular reference to its underlying causes. CAB, Farnham.

Pina, A., Cookson, S. J., Calatayud, A., Trinchera, A., Errea, P. 2017. “Physiological and

molecular mechanisms underlying graft compatibility," in Vegetable Grafting Principles and Practices, eds G. Colla, F. P. érez-Alfocea, and D. Schwarz (Wallingford: CABI), 132–154.
Renault-Spilmont, A.S.; Grenan, S.; Boursiquot, J.M., 2005. Syrah decline. Progrés Agric. Vitic. 122, 15–16.
Tedesco, S., Pina, A., Fevereiro, P., Kragler, F., 2020. A Phenotypic Search on Graft Compatibility in Grapevine. Agronomy 10, 706.
Tedesco, S., Fevereiro, P., Kragler, F., Pina, A., 2022. Plant grafting and graft incompatibility: A review from the grapevine perspective. Sci. Hortic. 299, 111019.

Tabla 1. Asociaciones significativas según la prueba de chi-cuadrado para las puntuaciones atribuidas a la disposición celular, diferenciación vascular y la intensidad de la capa necrótica en respuesta a la combinación, tipo de injerto, y días después del injerto (DAG). El valor estadístico de la prueba se informa en asociaciones significativas, con nivel de significación indicado por *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$; ns: diferencia no significativa.

	Combinación		**Homo- vs. Hetero**		**DAG**	
Parámetro	**28 DAG**	**49 DAG**	**28 DAG**	**49 DAG**	**Homo-**	**Heteroinjerto**
Disposición celular (*calcoflúor)*	29.018 *	ns	ns	ns	ns	ns
Diferenciación vascular *(naranja de acridina)*	ns	ns	ns	ns	6 *	ns
Capa necrótica (*floroglucinol)*	ns	ns	ns	15.406 ***	ns	7.224 *

Tabla 2. Valores medios ± error estándar (SE) de almidón por célula y de callosa por célula a los 28 y 49 DAG, por combinación, tipo de injerto, y días después del injerto (DAG). Las diferencias significativas según la prueba de Kruskal-Wallis se indican mediante *** p < 0,001; ** p < 0,01, * p < 0,05, letras diferentes indican diferencias significativas. ns: ninguna diferencia significativa.

		I_2KI - almidón/célula				*Azul de anilina - calosa/célula*			
		28 DAG		**49 DAG**		**28 DAG**		**49 DAG**	
Combinación	***Efecto***	***		***		*		*	
	110R/110R	81.6 ± 1.6	ab	82.2 ± 1.2	ab	90.1 ± 0.3	ab	77.6 ± 0.3	abcd
	TN21/TN21	45.8 ± 2.0	bc	52.3 ± 0.2	b	67.0 ± 0.3	ab	96.6 ± 0.2	a
	TN112/TN112	21.3 ± 0.1	c	49.1 ± 0.1	b	72.7 ± 0.1	ab	90.0 ± 0.3	ab
	SY383/SY383	101.9 ± 1.8	a	55.4 ± 0.4	b	80.7 ± 0.3	ab	93.1 ± 0.2	ab
	SY470/SY470	87.3 ± 2.0	ab	53.6 ± 0.4	b	105.2 ± 0.2	a	85.1 ± 0.3	abc
	TN21/110R	70.9 ± 1.1	ab	101.0 ± 2.5	a	73.3 ± 0.2	ab	61.1 ± 0.2	cd
	TN112/110R	91.2 ± 1.2	a	80.9 ± 1.4	ab	73.0 ± 0.2	ab	53.5 ± 0.1	d
	SY383/110R	92.5 ± 2.3	a	88.4 ± 3.3	ab	52.2 ± 0.1	b	67.3 ± 0.1	bcd
	SY470/110R	93.4 ± 2.2	a	97.8 ± 2.4	a	65.2 ± 0.2	ab	70.1 ± 0.4	abcd
Tipo	***Efecto***	**		***		*		***	
	Homoinjerto	66.3 ± 1.8	b	59.5 ± 0.7	b	80.6 ± 0.2	a	88.5 ± 0.2	a
	Heteroinjerto	87.0 ± 1.9	a	91.6 ± 2.5	a	65.6 ± 0.2	b	63.1 ± 0.2	b
Tiempo	***Efecto***	***				***ns***			
	28 DAG	174.7 ± 1.9	a			146.7 ± 0.2			
	49 DAG	124.8 ± 2.0	b			153.2 ± 0.2			

Respuestas de los portainjertos de vid a la disponibilidad hídrica: estudios en maceta y en campo

Buesa, I.[1,2,*], Hernández-Montes, E.[1,2], Marín, D.[3], Santesteban, L.G.[3], Medrano, H.[1,2] y Escalona, J.M.[1,2]

[1]Grupo de Investigación en Biología de las Plantas en Condiciones Mediterráneas, Departamento de Biología, Universidad de las Islas Baleares (UIB), Palma, Islas Baleares.

[2]Instituto de Economía Agroambiental y del Agua-Universidad de las Islas Baleares (INAGEA-UIB). Palma, Islas Baleares.

[3]Departamento de Agronomía, Biotecnología y Ciencia de los Alimentos, Universidad Pública de Navarra (UPNA), Pamplona, Navarra.

I. Buesa: i.buesa@uib.es

Palabras clave: biomasa, conductancia hidráulica, intercambio de gases, productividad, relaciones hídricas.

Resumen

Los portainjertos desempeñan un papel decisivo en la respuesta de la vid al déficit hídrico. Con el objetivo de 1) cuantificar su influencia sobre el injerto y 2) comprender los mecanismos fisiológicos que subyacen su respuesta al déficit hídrico, se llevaron a cabo dos experimentos. Uno en campo con *Vitis vinifera* var. Tempranillo injertada sobre cuatro portainjertos; y otro experimento en condiciones más controladas en maceta con esos portainjertos sin injertar. Los genotipos evaluados fueron un portainjerto comercial (420A Millardet et de Grasset) y tres de reciente obtención (RG2, RG4 y RG7). Los resultados del experimento de campo evidenciaron la gran influencia de los portainjertos sobre el vigor y productividad del injerto y encontraron la conductancia hidráulica como el parámetro que mejor explicaba el rendimiento de la vid. El experimento en maceta confirmó los efectos del genotipo sobre la producción total de biomasa, con diferencias de hasta el 40%. Sin embargo, los genotipos tuvieron poco efecto sobre las relaciones hídricas de la planta. No obstante, la conductancia hidráulica fue significativamente menor en el RG7 que en el resto de portainjertos. Además, se observó que estas diferencias entre genotipos estaban relacionadas con la ratio entre la superficie foliar y la masa radicular y también con las tasas de respiración de suelo. Estos resultados ponen de manifiesto el potencial de los portainjertos para modular la absorción y el transporte de agua en condiciones de déficit hídrico, y para conferir el comportamiento a la *Vitis vinifera*. Se están llevando a cabo nuevos estudios para dilucidar las bases fisiológicas, morfológicas, anatómicas y bioquímicas que subyacen en la respuesta a la disponibilidad de agua, con el fin de asentar las bases de los procesos de mejora.

Introducción

Los portainjertos en viticultura son clave en la respuesta del viñedo tanto a estreses bióticos como abióticos (Marín et al., 2021). En primer lugar, los portainjertos se han seleccionado por la tolerancia a estreses abióticos que confieren, hasta el punto de que en

Europa su uso es imperativo legal dada su resistencia a la filoxera (*Daktulosphaira vitifoliae*). En segundo lugar, los portainjertos se han seleccionado por su respuesta agronómica y enológica ante diversas condiciones edáficas de contenido en caliza activa, acidez, salinidad, etc., y de disponibilidad hídrica. No obstante, es necesaria una caracterización fisiológica de las respuestas de los portainjertos al déficit hídrico para que puedan ser una estrategia de adaptación del viñedo al cambio climático.

Tradicionalmente, se han seleccionado portainjertos de gran vigor para así incrementar el volumen de suelo explorado y por tanto el aprovechamiento de los recursos hídricos disponibles. Este es el caso de portainjertos considerados tolerantes al déficit hídrico como el 110-Richter, 140-Ruggeri y 1103-Paulsen (*V. berlandieri* × *V. rupestris*) (Serra et al., 2014). Sin embargo, en un contexto de cambio climático con olas de calor cada vez más intensas y frecuentes, el uso de portainjertos menos vigorosos podría resultar más resiliente, pues al reducir el vigor de la *Vitis vinifera* también lo haría la demanda transpirativa del viñedo. En este sentido, se ha evidenciado que el 420A Millardet et de Grasset (*V. berlandieri* × *V. riparia*), siguiendo esta estrategia, aumenta la eficiencia del uso del agua (Soar et al., 2006). En los últimos años, se han desarrollado diversos proyectos de mejora de portainjertos que han generado nuevos y prometedores genotipos en términos de tolerancia al estrés hídrico (Ollat et al., 2016). Este es el caso de la serie RG obtenida por viveros Vitis Navarra S.L. mediante polinización cruzada entre los portainjertos tradicionales 41B MGt (*V. vinifera* × *V. berlandieri*) y 110-Richter (*V. rupestris* × *V. berlandieri*).

En este estudio se investigó la respuesta al déficit hídrico de los nuevos portainjertos RG2, RG4 y RG7 en comparación a un portainjerto de referencia como el al 420A MGt y, entre las respuestas de los portainjertos de la serie RG. Con los objetivos de 1) cuantificar su influencia sobre el injerto y 2) comprender los mecanismos fisiológicos que subyacen en su respuesta al déficit hídrico, se llevaron a cabo dos experimentos. Uno durante tres campañas en campo en *Vitis vinifera* L. var. Tempranillo injertada sobre los cuatro portainjertos; y otro durante 2020 en condiciones más controladas de maceta con esos portainjertos sin injertar.

Materiales y métodos

El experimento de campo se llevó a cabo durante 2018, 2019 y 2020 en un viñedo plantado en 2011 y regado por goteo con un marco de plantación de 3 x 1 m situado en Miranda de Arga (Navarra, España). El viñedo era de la variedad Tempranillo injertado sobre diferentes portainjertos, 420A MGt, RG2, RG4 y RG7. Las cepas se formaron en cordón unilateral Royat con 5 pulgares de 2 yemas y se condujeron en espaldera vertical con filas orientadas en dirección norte-sur. El riego aplicado cubrió el 37% de la ET_o, considerando la lluvia. El diseño experimental consistió en dos bloques completos al azar con una fila de 10 cepas por portainjerto. De ellas, se midieron al menos 6 cepas por genotipo y bloque.

El experimento en maceta se realizó durante 2020 en el campo experimental de la Universidad de las Islas Baleares (UIB). Las macetas de un volumen de 20 L contenían una mezcla de sustrato orgánico y perlita (4:1). El diseño experimental consistió en los 4 mismos portainjertos que en el experimento de campo, pero sin injertar (420A MGt, RG2, RG4 y RG7) y dispuestos en 6 bloques completos con una réplica biológica por bloque. Las plantas se regaron a capacidad de campo hasta que los brotes alcanzaron 1,5 m de altura. Posteriormente, se impuso un déficit hídrico para inducir un estrés hídrico progresivo en las vides durante dos meses.

Las determinaciones realizadas consistieron en medidas del potencial hídrico del tallo a mediodía solar (Ψ_{tallo}) con cámara de presión (Modelo 600, PMS Instruments, USA), intercambio de gases a nivel de hoja y suelo a media mañana con un analizador de intercambio de gases abierto por infrarrojos (Li-6400xt, Li-cor Inc., USA) y la estima de la conductancia hidráulica de planta entera (Romero et al., 2010). Estas determinaciones se realizaron en envero y cerca de vendimia en el experimento de campo; y cinco veces a lo largo del ciclo vegetativo en el de maceta. Las determinaciones de biomasa consistieron, en el experimento de campo, en la determinación del peso de los racimos y de la madera de poda en todas las cepas experimentales; y en el de maceta, de la biomasa total como la suma del peso seco de raíz, sarmientos y hojas. El análisis estadístico de cada experimento consistió en un ANOVA seguido de un test de Duncan para la separación de medias.

Resultados y discusión

En el experimento de campo, el portainjerto RG2 redujo significativamente el peso de madera de poda y producción del Tempranillo respecto a los otros portainjertos en el promedio de las tres temporadas (Tabla 1). Por el contrario, el 420A tendió a incrementar tanto el vigor vegetativo como la productividad. No se observaron diferencias en el Ψ_{tallo} entre portainjertos, pero sí en la K_h de las cepas (Tabla 1). En 2020, los efectos de los portainjertos sobre el vigor y la productividad mostraron una relación débil con el estado hídrico de la planta, al contrario que la K_h.

En el experimento en maceta, el genotipo 420A también fue el más vigoroso en condiciones sin injertar (Tabla 2). Además, este genotipo mostró significativamente mayores ratios raíz-sarmientos que los otros. Cabe destacar que el RG2 tuvo una respuesta diferente en condiciones de campo que, de maceta, lo que sugiere una posible interacción con el injerto y/o el suelo. Al igual que en condiciones de campo, los portainjertos sin injertar tampoco mostraron diferencias en el Ψ_{tallo} entre ellos, pero sí en la K_h. El RG7 destacó por su significativamente menor K_h que el RG4. A su vez, el RG7 también mostró tasas de respiración de suelo significativamente menores que el 420A y el RG2 (Tabla 2). Al igual que en el experimento de campo, el Ψ_{tallo} de los genotipos en maceta también mostró una relación muy leve con la biomasa total. Sin embargo, la K_h tampoco se relacionó estrechamente con la biomasa total, al contrario que las tasas de respiración de suelo y la ratio raíz-sarmientos.

Estos resultados confirman los efectos de los portainjertos sobre el vigor y la productividad del injerto en condiciones de déficit hídrico (Tabla 1) y los relacionan con la K_h más que con el Ψ_{tallo}. En condiciones más controladas de disponibilidad de agua y de volumen de suelo, en maceta, estos mismos portainjertos sin injertar confirman las diferencias en vigor observadas sobre Tempranillo en campo (Tablas 1 y 2), pero lo relacionan más con el vigor de la raíz y su actividad respiratoria que con el Ψ_{tallo} o la K_h como en el ensayo de campo. Todo ello pone de manifiesto el potencial de los portainjertos para modular la absorción y el transporte de agua en condiciones de déficit hídrico, y para conferir el comportamiento a la *Vitis vinifera*.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el MICIN y fondos FEDER en el marco del proyecto AGL2017-83738-C3-1-R. Ignacio Buesa agradece la ayuda recibida del Programa Postdoctoral Juan de la Cierva (FJC2019-042122-I). Agradecer también a Gabriele Baraldi y Miquel Rosselló por su colaboración en la toma de datos y a Vitis Navarra y Miquel

Truyols por el mantenimiento del campo experimental de Navarra y Baleares, respectivamente.

Referencias

Marín, D., Armengol, J., Carbonell-Bejerano, P., Escalona, J., Gramaje, D., Hernández-Montes, E., Intrigliolo, D., Martínez-Zapater, J., Medrano, H., Miras-Avalos, J., Palomares-Rius, J., Romero-Azorín, P., Savé, R. y de Herralde, F. 2021. Challenges of viticulture adaptation to global change: tackling the issue from the roots. Aust. J. Grape Wine Res. 27: 8-25.

Ollat, N., Peccoux, A., Papura, D., Esmenjaud, D., Marguerit, E., Tandonnet, J., Bordenave, L., Cookson, S., Barrieu, F. and Rossdeutsch, L. (2016). Rootstocks as a component of adaptation to environment. Grapevine in a changing environment: a molecular and ecophysiological perspective 1: 68-108.

Serra, I., Strever, A., Myburgh, P.A. and Deloire, A. 2014. Review: the interaction between rootstocks and cultivars (*Vitis vinifera* L.) to enhance drought tolerance in grapevine. Aust. J. Grape Wine Res. 20(1): 1-14.

Soar, C.J., Dry, P.R. and Loveys, B.R. 2006. Scion photosynthesis and leaf gas exchange in *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz: Mediation of rootstock effects via xylem sap ABA. Aust. J. Grape Wine Res. 12(2): 82-96.

Romero, P., Fernández-Fernández, J.I. and Martínez-Cutillas, A. 2010. Physiological thresholds for efficient regulated deficit-irrigation management in winegrapes grown under semiarid conditions. AJEV 61(3): 300-312.

Tablas

Tabla 1**.** Promedio del peso de madera de poda, producción, potencial hídrico de tallo (Ψ_{tallo}) y conductancia hidráulica (K_h) en Tempranillo injertado sobre 420A, RG2, RG4 y RG7 en condiciones de campo en el periodo 2018-2020.

Genotipo	Madera de poda (kg/cepa)		Producción (kg/cepa)		Ψ_{tallo} (MPa)	K_h (mmol H_2O/MPa/planta/s)	
420A	0.7	c	3.0	c	-0.80	44.5	c
RG2	0.2	a	0.4	a	-0.94	11.3	a
RG4	0.6	bc	2.8	c	-0.93	40.7	c
RG7	0.4	ab	1.9	bc	-0.81	16.7	ab

Tabla 2. Biomasa total (raíz+sarmientos), ratio raíz-sarmientos, y promedio de 5 determinaciones de potencial hídrico de tallo (Ψtallo), conductancia hidráulica (K_h) y respiración de suelo en los genotipos 420A, RG2, RG4 y RG7 en maceta durante 2020.

Genotipo	Biomasa total (g)		Ratio raíz-sarmientos		Ψ_{tallo} (MPa)	K_h (mmol H_2O/Mpa/cepa/s)		Resp. Suelo (mmol $CO_2/m^2/s$)	
420A	318	c	0.91	c	-0.87	3.4	ab	10.2	b
RG2	203	ab	0.51	ab	-0.92	3.5	ab	10.4	b
RG4	188	a	0.68	b	-0.84	4.3	b	8.1	ab
RG7	198	ab	0.49	a	-0.88	2.8	a	7.4	a

Las aplicaciones de elicitores afectan al metabolismo flavonoide de la vid (*Vitis vinífera* L. cv. Tempranillo) a través de la sobreexpresión de genes claves de la ruta de síntesis de antocianinas

Nazareth Torres [1,2,¥,*], Sara Crespo-Martínez [1,¥], Maite Loidi[1], María Ancín[3], Carlos Miranda [1,2], L. Gonzaga Santesteban [1,2], Jorge Urrestarazu [1,2]

[1]Departamento de Agronomía, Biotecnología y Alimentación, Universidad Pública de Navarra, Campus Arrosadia, 31006 Pamplona, Navarra.

[2]Institute for Multidisciplinary Research in Applied Biology (IMAB-UPNA), Public University of Navarre, Campus Arrosadia 31006 Pamplona, Spain

[3]Instituto de Agrobiotecnología IdAB-CSIC, Av. Pamplona, 123, 31192 Mutilva Baja, Navarra.

*Autora: nazareth.torres@unavarra.es
¥ Estas autoras contribuyeron igualmente a la realización del trabajo.

Resumen

La calidad de la baya de vid depende de una compleja mezcla de compuestos químicos, siendo los compuestos fenólicos uno de los más relevantes. El aumento de las temperaturas en las áreas tradicionalmente vitivinícolas está afectando notablemente a la composición química de las bayas y en consecuencia a la calidad de la uva y el vino. En los últimos años ha crecido el interés por el uso de elicitores en el metabolismo secundario, ya que se ha demostrado que aumentan la acumulación de fenoles, especialmente antocianinas. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes aplicaciones de compuestos elicitores en la vid sobre la expresión de los genes de la ruta fenilpropanoide durante la maduración de la baya. Se realizó un experimento con diseño factorial con dos elicitores (Fruitel y Vitalfit) en comparación con bayas no tratadas durante dos campañas (2020 y 2021). Los resultados mostraron que el uso de estos compuestos disminuyó los sólidos solubles totales y tendió a aumentar las antocianinas retrasando el desacoplamiento entre la acumulación de azúcar y antocianinas. La aplicación foliar de elicitores aumentó la fenilalanina amonio liasa (PAL1) durante las dos campañas, lo que se relacionó con el incremento del contenido de antocianinas. Este estudio evidenció que la aplicación de bioestimulantes o elicitores comerciales sobre la variedad Tempranillo en condiciones de campo en una zona cálida podría ser interesante para mantener la calidad de la baya en las condiciones climáticas actuales mediante la regulación de algunos genes de la ruta fenilpropanoide.

Palabras clave: Antocianinas, biosíntesis de flavonoides, compuestos bioactivos, maduración.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, los viticultores y enólogos de muchas regiones vitivinícolas del mundo se enfrentan a la disminución del color de las bayas asociada a la reducción del contenido de antocianinas debido a los efectos relacionados con el cambio climático. Así, el aumento de las temperaturas conduce a un mayor contenido de sólidos solubles

totales (SST), una menor acidez y un efecto perjudicial sobre las antocianinas en diferentes cultivares de vid (Sadras y Moran 2012; Sweetman et al. 2014). Tempranillo, el cultivar más plantado entre las variedades tintas en España, ha demostrado ser sensible a este efecto (Arrizabalaga et al. 2018; Torres et al. 2018). En este escenario, productores y empresas buscan nuevos productos elicitores del metabolismo fenólico para evitar la pérdida de antocianinas al final de la campaña (Pastore et al. 2020). Se ha comprobado que algunos de estos elicitores del metabolismo secundario vegetal actúan sobre el metabolismo de los polifenoles y su acumulación debido al papel de estos en la respuesta inmune de la vid (Burdziej et al. 2021). Recientemente, se ha estudiado el efecto de algunos elicitores en la acumulación de fenoles, especialmente de antocianinas (Bernardo et al. 2018; Cataldo et al. 2022; Pastore et al. 2020). Sin embargo, existe la necesidad de evaluar estos efectos en condiciones de campo. Por ello, este trabajo tuvo como objetivo estudiar el efecto de la aplicación foliar de dos tipos de elicitores sobre la expresión génica de la enzima principal de la ruta fenilpropanoide y la calidad final de la baya.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal y diseño experimental.

Para evaluar el efecto de la aplicación de diferentes elicitores se realizó un ensayo distribuido en bloques al azar con 4 repeticiones (20 cepas cada una) por tratamiento en un viñedo comercial perteneciente a la bodega Pagos de Araiz en Olite (Navarra). El viñedo se plantó sobre Tempranillo (clon RJ43) injertado sobre Ruggeri 140 en 2001. La mitad de envero y la cosecha ocurrió el 27 de julio y el 18 de septiembre, respectivamente, en el 2020 mientras que, en 2021, estos eventos fenológicos tuvieron lugar el 4 de agosto y el 16 de septiembre. El ensayo evaluó el efecto de dos elicitores comerciales: i) **Vitalfit** (Timac Agro), que previene el estrés oxidativo a través de extractos naturales, y ii) **Fruitel** (Bayer CropScience), compuesto por etefón, precursor del etileno, utilizado para adelantar y homogeneizar la maduración de variedades tintas, en comparación con vides no tratadas (**Control**).

Metabolismo primario y secundario

En la cosecha final se recolectaron al azar 2 muestras de bayas de las diez vides en el medio de cada réplica del campo y tras un suave prensado manual, el jugo obtenido se utilizó para determinar los sólidos solubles totales (SST) utilizando un refractómetro compensador de temperatura de alta precisión (RF Mogul, USA). Las antocianinas totales se determinaron sobre la otra muestra mediante el método Cromoenos^{TM} utilizando los equipos y reactivos específicos proporcionados por el fabricante (Bioenos).

Extracción de ARN y síntesis de ADNc

Tras la aplicación de bioestimulantes y en las semanas consecutivas (22, 27, 31 de julio y 6 y 17 de agosto en 2020 y 4, 10, 16, 20 y 27 de agosto y 3 de septiembre en 2021), se recolectaron muestras de 25-30 bayas que se congelaron inmediatamente en nitrógeno líquido y se mantuvieron a -80 °C hasta la extracción del ARN. Se quitaron las semillas y las bayas se pulverizaron en nitrógeno líquido con la ayuda de un microdesmembrador (B. Braun, Alemania). Tras extraer el RNA con algunos pasos previos al kit comercial Plant Total RNA (Sigma-Aldrich, USA) se determinó la calidad y cantidad de ARN, antes de proceder a la transcripción inversa utilizando el PrimeScriptTM RT Reagment Kit (Perfect Real Time) (Takara, Kusatsu, Shiga, Japón) utilizando un termociclador T100 (Bio-Rad Laboratories,

CA, USA) de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Análisis de expresión génica

El análisis de PCR cuantitativa en tiempo real se realizó con una dilución de ADNc (10 ng/µL) a la que se añadió una mezcla maestra que contenía SYBR-Green (TB Green Premix Ex Taq II, TIi RNAse H Plus, Takara, Kusatsu, Shiga, Japón). A esta mezcla se le agregaron los cebadores de los genes de interés (Thermo Fisher, Waltham, MA, USA). La reacción de PCR se realizó en el sistema Step One Plus (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA). Los productos de PCR no específicos se identificaron mediante las curvas de disociación. Cada reacción se realizó en 2 réplicas técnicas, utilizando actina y ubiquitina como *housekeeping* genes. Los cebadores para los genes de interés y la temperatura de fusión se obtuvieron de la literatura (Pastore et al. 2020). La eficiencia de amplificación se calculó con el software LinRegPCR (Untergasser et al. 2021) y se utilizó en el cálculo del método de base común desarrollado por Ganger et al. (2017).

Análisis estadístico

Los datos de composición de la baya y las expresiones relativas de los genes se analizaron mediante el análisis de varianza (ANOVA). Cuando la relación F fue significativa ($P \leq 0.05$), se realizó un test *posthoc* HSD de Tukey. Se determinó la relación entre los SST y las antocianinas totales con la prueba de Pearson y las pendientes de las regresiones lineales para cada tratamiento se compararon mediante el análisis de covarianza (ANCOVA). Todos los análisis estadísticos se realizaron con RStudio versión 3.6.1 (RStudio: Integrated Development for R., Boston, MA, EE. UU.) para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las bayas tratadas con los elicitores redujeron los SST (Fig. 1A y D) de acuerdo a una investigación previa realizada con etefón (Böttcher et al. 2013). En cuanto al contenido de polifenoles, el mayor efecto se observó para Fruitel, donde las bayas presentaron contenidos mayores de antocianinas totales antes de la cosecha (Fig. 1). Del mismo modo, Wang et al. (2022) encontraron que la aplicación de etefón en el envero mejoró la acumulación de antocianinas a través de la regulación positiva de los genes de biosíntesis de etileno y la señalización de los receptores de etileno y los factores de transcripción.

La Fig. 1 (C y F) muestra que la aplicación de Vitalfit y especialmente Fruitel incrementó el contenido en antocianinas para la misma cantidad de SST en comparación con las bayas no tratadas y, presumiblemente, disminuyeron la degradación de estos compuestos subrayando el interés de su uso para aumentar el contenido de antocianinas sin pérdida de azúcares dado el desacoplamiento entre ambos en climas cálidos (Sadras y Moran 2012).

La fenilalanina amonio liasa (PAL) es la enzima clave que cataliza el primer paso en la biosíntesis fenólica, es decir, la transformación de la fenilalanina en ácido cinámico. Escogimos la isoforma PAL1 por ser más representativa de la familia. Los niveles más altos de expresión del gen PAL1 después de la aplicación de elicitores sugiere una regulación positiva de este gen de manera similar a lo observado anteriormente (Deng et al. 2019; Pastore et al. 2020). Además, Deng et al. (2019) encontraron que el aumento en la expresión génica relativa era consistente con una estimulación significativa de la actividad enzimática de PAL1. Esta afirmación podría confirmarse en nuestras condiciones experimentales, ya que el aumento en la acumulación de antocianinas se explicó principalmente por la

regulación positiva de PAL1.

En conclusión, nuestros datos mostraron que la regulación positiva de algunos genes de la vía biosintética de fenilpropanoides podría explicar en cierta medida la acumulación de antocianinas en las bayas después de la aplicación de bioestimulantes durante dos campañas. Sin embargo, se requieren más investigaciones en este tema para comprender los mecanismos subyacentes.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por un proyecto ADAPT-VIT (0011-1365-2020-000048) del Departamento de Desarrollo Económico del Gobierno de Navarra. NT es beneficiaria de un contrato Juan de la Cierva-Formación. Los autores y autoras quieren agradecer a Bodegas Pagos de Araiz, especialmente a Jesús Astráin y Juan Glaría.

REFERENCIAS

Arrizabalaga M., Morales F., Oyarzun M., Delrot S., Gomès E., Irigoyen J.J., et al. 2018. Tempranillos clones differ in the response of berry sugar and anthocyanin accumulation to elevated temperature. Plant Sci. 2:74-83.

Bernardo S., Dinis, L.T., Machado, N., Moutinho-Pereira, J. 2018. Grapevine abiotic stress assessment and search for sustainable adaptation strategies in Mediterranean-like climates. A review. Agron. Sust. Develop. 38:66.

Böttcher C., Harvey K.E., Boss P.K., Davies C., 2013. Ripening of grape berries can be advanced or delayed by reagents that either reduce or increase ethylene levels. Funct. Plant. Biol. 40:566–581

Burdziej, A., Bellée, A., Bodin, E., Valls Fonayet, J., Magnin, N., Szakiel, A., et al. 2021. Three Types of Elicitors Induce Grapevine Resistance against Downy Mildew via Common and Specific Immune Responses. J. Agric. Food Chem. 69:1781-1795.

Cataldo, E.; Fucile, M.; Mattii, G.B. 2022. Biostimulants in Viticulture: A Sustainable Approach against Biotic and Abiotic Stresses. Plants 11:162.

Deng, Q., Xia, H., Lin, L. Wang, J., et al. 2019. SUNRED, a natural extract-based biostimulant, application stimulates anthocyanin production in the skins of grapes. Sci Rep 9, 2590.

Ganger, M.T., Dietz, G.D., Ewing, S.J. 2017. A common base method for analysis of qPCR data and the application of simple blocking in qPCR experiments. BMC Genom. 18:534.

Pastore, C., Dal Santo, S., Zenoni, S., Movahed, N., Allegro, G., Valentini, G., et al. 2017. Whole plant temperature manipulation affects flavonoid metabolism and the transcriptome of grapevine berries. Front. Plant Sci. 8:929.

Sadras, V.O., Moran, M.A. 2012. Elevated temperature decouples anthocyanins and sugars in berries of Shiraz and Cabernet Franc. Aust. J. Grape Wine Res. 18:115–122.

Sweetman, C., Sadras, V.O., Hancock, R.D., Soole, K.L., Ford, C.M., 2014. Metabolic effects of elevated temperature on organic acid degradation in ripening *Vitis vinifera* fruit. J. Exp. Bot. 65:5975–5988.

Torres, N., Goicoechea, N., Antolín, M.C. 2018. Influence of irrigation strategy and mycorrhizal inoculation on fruit quality in different clones of Tempranillo grown under elevated temperatures, Agric. Water Manage. 202: 285–298.

Untergasser, A., Ruijter, J.M., Benes, V. et al. 2021. Web-based LinRegPCR: application for

the visualization and analysis of (RT)-qPCR amplification and melting data. BMC Bioinformatics 22, 398.
Wang P, Ge M, Yu A, Song W, Fang J, Leng X. 2022.Effects of ethylene on berry ripening and anthocyanin accumulation of 'Fujiminori' grape in protected cultivation. J Sci Food Agric. 102:1124-1136.

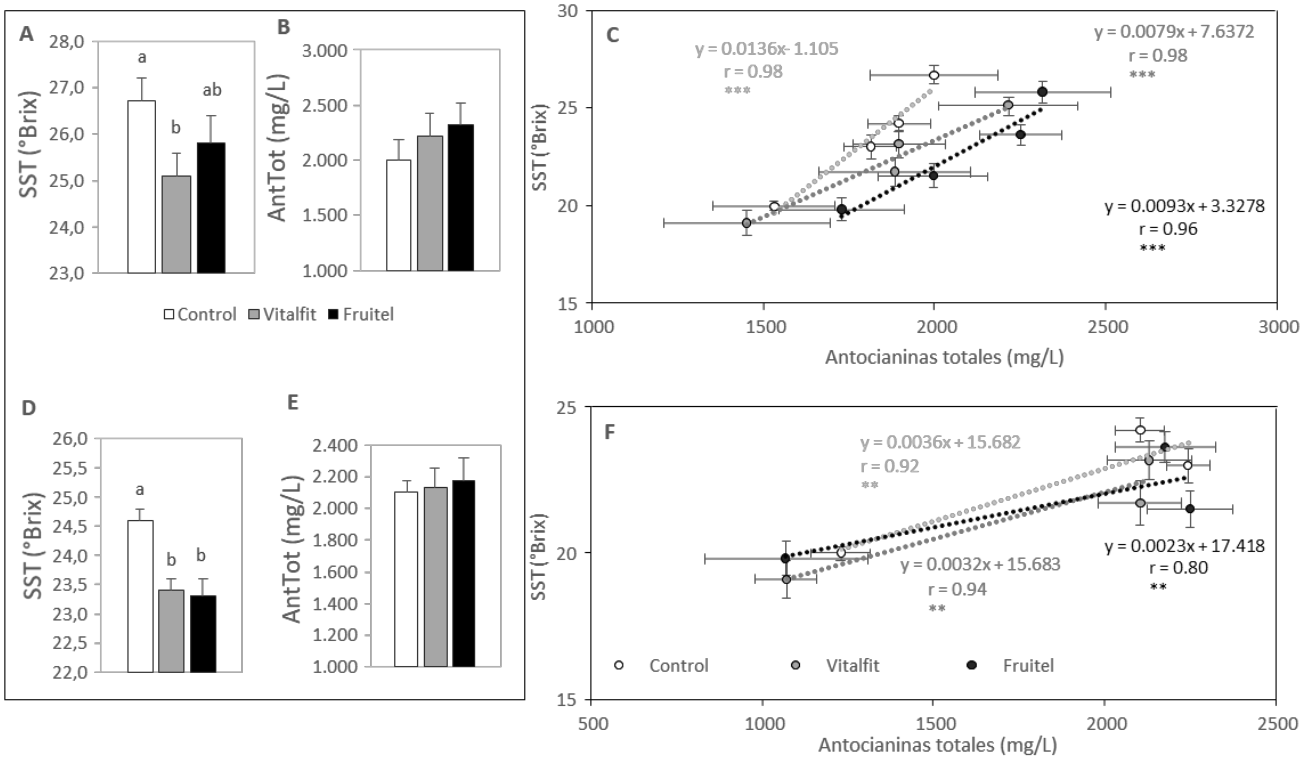


Fig. 1. Sólidos solubles totales (SST, A y D) y Antocianinas totales (B y E) medidos en cosecha y relación entre los sólidos soluble totales y las antocianinas totales (C y F) en bayas pulverizadas con Fruitel, Vitalfit o no tratadas durante su maduración de vides de Tempranillo cultivadas en Olite (Navarra, España) durante las campañas de cultivo 2020 (A, B, C) y 2021 (D, E, F). ** y *** indican relación significativa según la prueba de correlación de Pearson.

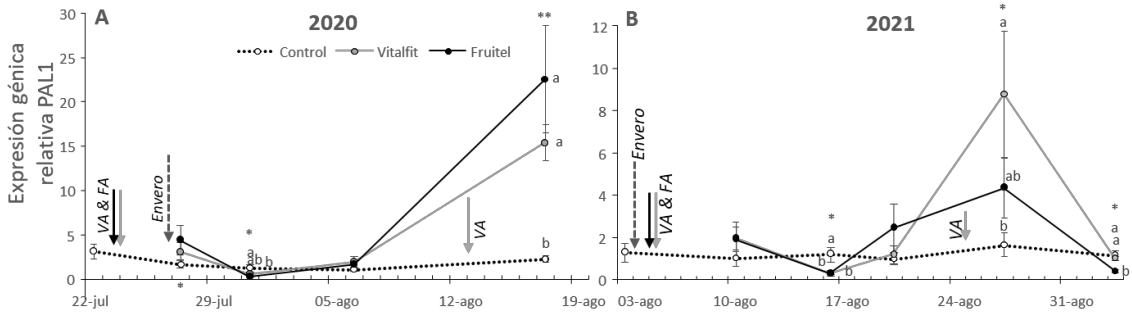


Fig. 2. Expresión génica relativa de fenilalanina amonio liasa (PAL1) en bayas pulverizadas con Fruitel, Vitalfit o Control (no tratadas) durante la maduración de la baya de vides de Tempranillo cultivadas en Olite (Navarra, España) durante el ciclo vegetativo 2020 (A) y

2021 (B). Las flechas con línea continua indican los momentos de aplicación de los elicitores y las fechas con línea discontinúa el 50% de envero. FA, aplicación Fruitel; VA, aplicación Vitalfit. *, ** y *** indican significación a niveles de probabilidad del 5 %, 1 % y 0,1 %, respectivamente. Las letras diferentes indican que los valores son significativamente diferentes ($P \leq 0,05$).

Evaluación del estado hídrico de variedades minoritarias de vid de diferentes zonas vitícolas de España por medidas de la relación isotópica del carbono ($\delta^{13}C$).

A. Mena Morales[1*], J. Martínez Gascueña[1], J.L. Chacón Vozmediano[1], P.M. Izquierdo Cañas[1,2], G. Muñoz Organero[3] y Grupo MINORVIN[4].

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

[2]Parque Científico y Tecnológico de Castilla-La Mancha. Paseo de la Innovación 1, 02006 Albacete.

[3]Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA). Finca 'El Encín'. Autovía A2, Km 38,2, 28805 Alcalá de Henares (Madrid).

[4]Sub-proyecto RTI2018-101085-R-C31, del proyecto coordinado "Valorización de variedades minoritarias de vid por su potencial para la diversificación vitivinícola y de resiliencia al cambio climático (MINORVIN)", financiado por MICINN - AEI / FEDER, UE.

*A. Mena Morales: amenam@jccm.es

Resumen

Mitigar los efectos del cambio climático y de la erosión genética del material vegetal de vid (*Vitis vinifera* L.) constituyen hoy día importantes retos del sector vitivinícola, cuya relevancia económica, social y medioambiental en España es incuestionable. La valorización de variedades minoritarias podrá contribuir a ello, fomentando la diversificación vitícola y potenciando, en consecuencia, la capacidad de respuesta al estrés hídrico impuesto por un clima alterado. Con este trabajo pretendíamos evaluar el estado hídrico mantenido por las cepas de diferentes variedades minoritarias, recuperadas y cultivadas en distintas zonas vitícolas españolas. El objetivo último tenía que ver con la identificación de aquellas cuyo cultivo respondía al déficit hídrico mostrando mayores niveles de eficiencia hídrica. Para ello, entre 2019 y 2021 se siguieron 44 variedades cultivadas en distintos puntos de 10 comunidades autónomas, utilizándose la ratio isotópica del carbono ($\delta^{13}C$) medida en mosto como indicador del estado hídrico de las variedades durante el ciclo de cultivo. El análisis estadístico de los resultados reveló diferencias entre años, zonas de cultivo y variedades. En general, fue 2019 el año en que las variedades mostraron los valores más altos de $\delta^{13}C$, correspondiendo a un déficit hídrico más severo. Los valores promedio de $\delta^{13}C$ de las distintas localizaciones han permitido distinguir 3 regiones con déficit hídrico similar: el tercio noroccidental, representado por los binomios variedad/parcela de País Vasco, Navarra, Aragón y Galicia, con un déficit promedio de nulo-débil a moderado ($\delta^{13}C < -25$‰); el tercio central, con las variedades/parcela de Castilla y León, Cataluña, Madrid y Extremadura, con déficit de moderado a severo ($\delta^{13}C$ entre -25 y -24‰); y el tercio sur, con los binomios de Andalucía y Castilla-La Mancha, con déficit severo ($\delta^{13}C > -24$‰). Resultaron también interesantes las diferencias en las medidas de $\delta^{13}C$ entre variedades presentes en una misma zona, que podrían permitir una selección varietal

según dicho parámetro.

Palabras clave: variedades minoritarias, estatus hídrico, $\delta^{13}C$, eficiencia hídrica, zonas vitícolas.

INTRODUCCIÓN

La erosión genética y el cambio climático se encuentran entre los principales retos a los que se enfrenta la viticultura actual. El imparable calentamiento global al que asistimos hace pronosticar una reducción cada vez mayor de los recursos hídricos, ya limitantes en ambientes semiáridos, poniendo en cuestión la sostenibilidad ambiental de la viticultura en muchas regiones. Entre las posibilidades de adaptación, se encuentra la exploración de la variabilidad genética existente para la localización de genotipos más adaptados a la sequía.

Un carácter que contribuye a revelar la adaptabilidad de las variedades a la escasez de agua es la eficiencia en el uso del agua (EUA), que se puede estudiar a diferentes escalas en la planta y/o por medio de varios procesos fisiológicos. La mayoría de estudios experimentales se han realizado a través de medidas de fotosíntesis y transpiración en hojas, o plantas enteras; también, por medidas del $\delta^{13}C$ en hojas y mostos, que son más integradoras y representativas del proceso de intercambio de gases a lo largo del ciclo, particularmente entre los periodos de envero y madurez. La relación entre $\delta^{13}C$ y la eficiencia hídrica existe porque la discriminación isotópica está vinculada linealmente a la relación ci/ca, donde ci es la presión parcial de CO_2 en los espacios intercelulares de la hoja y ca en el aire ambiente (Farquhar et al., 1982).

Este estudio se encuadra dentro del proyecto estatal "Valorización de variedades minoritarias de vid por su potencial para la diversificación vitivinícola y de resiliencia al cambio climático (MINORVIN)", y concretamente dentro del subproyecto 1, que se centra en explorar la variabilidad genética existente en la búsqueda de genotipos tolerantes a la sequía. Dentro de este marco, con este trabajo se pretende valorizar la diversidad de variedades de vid minoritarias de España, con base en su capacidad potencial para mitigar efectos del cambio climático como la sequía. Se trata, en definitiva, de utilizar el $\delta^{13}C$ para evaluar el estado hídrico mantenido por las variedades en las distintas localizaciones como herramienta para identificar aquellas que respondían al déficit hídrico mostrando una mayor EUA.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal

Durante los años 2019, 2020 y 2021, se analizó el $\delta^{13}C$ en el mosto obtenido en vendimia de un total de 44 variedades estudiadas. La Tabla 1 recoge la lista de las variedades: 20 blancas, 1 rosada y 23 tintas, así como sus localizaciones.

Índices agroclimáticos de zonas vitícolas

Resulta valioso el conocimiento de ciertos parámetros climáticos de las distintas zonas vitícolas, aunque sea a escala de Comunidad Autónoma (CCAA), para tratar de evaluar los resultados de la medida de $\delta^{13}C$ obtenidos en distintas regiones. Se calcularon así algunos índices agroclimáticos, utilizando datos de las estaciones meteorológicas propias o cercanas a los centros y/o zonas de cultivo de las variedades. Por un lado, se calculó la integral térmica eficaz, también

conocida como GDD (Growing Degree Days):

$GDD = [((Tmax – Tmin))/2] – Tbase$

Donde, Tmax es la temperatura máxima diaria, Tmin, la mínima y Tbase es una temperatura de referencia que varía entre especies, cultivos y estado de crecimiento, y que en este caso se ha considerado Tbase = 10ºC.

Por otro lado, también se calculó el índice de sequía (DI, Dry Index), medido con base en una adaptación del balance hídrico del suelo según el índice de Riou (Tonietto y Carbonneau, 2004), calculado usando:

$W = W_0 + P – Tv - Es$

Donde, W_0 es la reserva inicial de agua en el suelo, P es la precipitación, Tv es la transpiración potencial en el viñedo y Es es la evaporación directa desde el suelo, calculada la Evapotranspiración Potencial (ETP) según Thornthwaite (Almorox, 2008).

Medida de la relación isotópica de $^{13}C/^{12}C$ mediante IRMS

La determinación de la medida de la relación isotópica de carbono ($^{13}C/^{12}C$) se realizó con un espectrómetro de masas de relación isotópica, IRMS, Delta V Advantage (Thermofisher), con un sistema colector triple para la medida simultánea de los iones m/z 44 ($^{12}C^{16}O_2$), m/z 45 ($^{13}C^{16}O_2$ y $^{12}C^{17}O^{16}O$) y m/z 46 ($^{12}C^{18}O^{16}O$). El IRMS se encuentra acoplado a través de una interfaz ConFlo IV a un analizador elemental Flash EA 1112 series equipado con un inyector automático, todo de la marca Thermofisher (Bremen, Alemania).

El contenido en ^{13}C está determinado por el dióxido de carbono resultante de la combustión completa del mosto (Gómez-Alonso y García-Romero, 2010). Esta relación se expresa como la desviación $\delta^{13}C$ ‰ con respecto a la de una referencia internacional VPDB (Viena Pee Dee Belemnite):

$$\delta^{13}C_{sample}\ (‰) = [(R_s/R_{st}) – 1] \times 1000$$

donde R_s, es la relación $^{13}C/^{12}C$ de la muestra, y R_{st} es la relación de la referencia.

Análisis Estadístico

Todos los análisis estadísticos y gráficos se realizaron usando el programa IBM SPSS Statistics 21. Los datos obtenidos de la medida de $\delta^{13}C$ se sometieron a análisis de varianza de una y dos vías (ANOVA), utilizando la prueba de Tukey, con un nivel de confianza de 95% ($p < 0,05$) para comparar medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico de los resultados reveló diferencias entre años, zonas de cultivo y variedades. Comparando añadas, el año 2021 presentó el $\delta^{13}C$ más negativo, mientras que el de 2019 estaba en el extremo opuesto, con el valor de $\delta^{13}C$ más alto, siendo éste en consecuencia el año en el que las variedades soportaron un déficit hídrico más severo (Tabla 2).

En la Tabla 3 se muestran los índices agroclimáticos, GDD y W, junto con los valores promedio de $\delta^{13}C$ para cada una de las CCAA - Centro de procedencia de las variedades. El análisis estadístico de $\delta^{13}C$ mostró diferencias significativas según

procedencia, agrupándose regiones con déficit hídrico similar, de acuerdo con la clasificación de Santesteban et al. (2015).

Se clasificaron así con un déficit promedio de nulo-débil a moderado ($\delta^{13}C < -25‰$) las regiones del tercio noroccidental: País Vasco, Aragón, Navarra y Galicia; los datos climáticos de estas zonas, a excepción de los de Aragón, apoyarían estos resultados, con los valores promedio de GDD más bajos y de W menos severos. Con déficit de moderado a severo ($\delta^{13}C$ entre -25 y -24‰) encontramos los binomios variedad/parcela de las regiones del tercio central-noreste: Castilla y León, Cataluña, Madrid y Extremadura; con ligeras diferencias, pero dentro de un rango similar en sus valores promedio de GDD y W. Finalmente, con déficit severo ($\delta13C > -24‰$) y los valores más extremos tanto de GDD como de W, se encontraban los binomios de Castilla-La Mancha y Andalucía.

Por último, y con el fin de facilitar la comparativa entre variedades, se realizó un anova de dos vías, procedencia y variedad, comparando entre sí aquellas variedades de regiones agrupadas con déficit hídrico similar. Como puede observarse en la Fig. 1, estos análisis revelaron diferencias significativas entre variedades cultivadas en una misma localización, y por tanto bajo las mismas condiciones, indicando que el $\delta^{13}C$ también depende de la variedad, de su aptitud para ser eficiente en el uso del agua. A modo de ejemplo pueden destacarse algunas variedades como, Zamarrica de Galicia, Benedicto y Cadrete de Navarra (EVENA), Tinto Jeromo y Gajo Arroba de Castilla y León y Sanguina de Cataluña, que mostrarían déficits hídricos severos, con valores promedio de $\delta^{13}C$ por encima de -24‰, a pesar de proceder de zonas de cultivo con menores déficit hídricos promedio; incluso dentro de zonas como Andalucía en las que las variedades mantuvieron un estado hídrico menor, cabe destacar la variedad Rejano Tinta por presentar valores especialmente altos de $\delta^{13}C$, que podrían indicar un comportamiento más eficiente. El caso contrario lo encontramos en variedades como Marco 2 y Ratiño de Galicia, Castellana Blanca y Diega1 de Navarra (EVENA) o Estaladiña de Castilla y León, que conservaron un estado hídrico mayor que el resto de variedades con las que se cultivaban en cada caso.

Relacionar las diferencias varietales en el $\delta^{13}C$ con diferencias en el ciclo fenológico, en la producción y en la calidad (Plantevin et al., 2022), permitiría complementar los estudios e identificar las variedades viníferas, que hacen un uso más eficiente del agua al tiempo que mantienen adecuados rendimientos y calidad.

Este estudio ha permitido agrupar distintas *regiones* vitícolas españolas según el estado hídrico mantenido por sus respectivas variedades en estudio, mostrando una distribución bastante aproximada a lo que cabía esperar. Además, se han encontrado interesantes diferencias en las medidas de $\delta^{13}C$ entre variedades procedentes de una misma zona, lo que podría permitir una selección varietal acorde a su eficiencia en el uso del agua.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha podido realizarse gracias a la financiación del MICINN - AEI / FEDER, UE, a través del sub-proyecto RTI2018-101085-R-C31, del proyecto coordinado "Valorización de variedades minoritarias de vid por su potencial para la diversificación vitivinícola y de resiliencia al cambio climático (MINORVIN)".

REFERENCIAS

Almorox, J. 2008. Comparación de algunos métodos de estimación de la evapotranspiración

en Uruguay. Ingeniería química de Uruguay, 33, 4-9. https://www.researchgate.net/publication/280830934

Farquhar, G. D., Ehleringer, J. R., y Hubick, K. T. 1982. On the relationship between carbon isotope discrimination and the intercellular carbon dioxide concentration in leaves. Australian Journal of Plant Physiology, 9, 121–137. https://doi.org/10.1071/PP9820121

Gómez-Alonso, S. y García-Romero, E. 2010. Effect of irrigation and variety on oxygen ($\delta^{18}O$) and carbon ($\delta^{13}C$) stable isotope composition of grapes cultivated in a warm climate. Australian Journal of Grape and Wine Research, 16, 283–289. https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2009.00089.x

Plantevin, M., Gowdy, M., Destrac-Irvine, A., Marguerit, E., Gambetta, G.A. y van Leeuwen, C. 2022. Using $\delta^{13}C$ and hydroscapes for discriminating cultivar specific drought responses. OenoOne. 56 (2), 239-250. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2022.56.2.5434

Santesteban, L.G., Miranda, C., Barbarin, I. y Royo, J.B. 2015. Application of the measurement of the natural abundance of stable isotopes in viticulture: a review. Australian Journal of Grape Wine and Research, 21, 157–167. https://doi.org/10.1111/ajgw.12124

Tonietto, J. y Carbonneau, A. 2004. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. Agricultural and Forest Meteorology, 124, 81-97. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2003.06.001

Tablas

Tabla 1.- Listado de variedades minoritarias estudiadas, color de la baya (CB) y comunidad autónoma de procedencia.

Nº	Variedad	CB	Procedencia*	Nº	Variedad	CB	Procedencia
1	Albana	B	Aragón / Cataluña	**23**	Maquias	B	Castilla-La Mancha
2	Albillo de Pozo	B	Castilla-La Mancha	**24**	Marco1 (MC1)	B	Galicia
3	Albillo do Avia	B	Galicia	**25**	Marco2 (MC2)	T	Galicia
4	Bastardo Blanco	B	Extremadura	**26**	Montonera	B	Castilla-La Mancha
5	Benedicto	T	Castilla-La Mancha / Navarra	**27**	Morate	T	Madrid / Navarra
6	Cadrete / Santafe	T	Navarra-EVENA / Aragón	**28**	Onsella	B	Navarra-EVENA
7	Cagarrizo / Folgasao	B	Madrid / Extremadura	**29**	Ratiño	B	Galicia
8	Cariñena Roja	R	Cataluña	**30**	Rayada Melonera	T	Andalucía / Madrid

9	Castellana Blanca	B	Castilla-La Mancha / Madrid / Navarra	**31**	Rejano Tinta	T	Andalucía
10	Cenicienta	T	Castilla y León	**32**	Riera 2	T	Cataluña
11	Corchera	T	Andalucía	**33**	Riera 43	T	Cataluña
12	Diega1	T	Navarra-EVENA	**34**	Riera 46	B	Cataluña
13	Diega2	B	Navarra-EVENA	**35**	Rufete Serrano / Verdejo Serrano	B	Castilla y León / Extremadura
14	Estaladiña	T	Castilla y León	**36**	Sanguina	T	Castilla-La Mancha / Cataluña
15	Evena1	B	Navarra-EVENA	**37**	Terriza	T	Castilla-La Mancha / Madrid
16	Gajo Arroba	T	Castilla y León	**38**	Tinta Oubiña / Xafardán	T	Galicia
17	Greta	B	Aragón	**39**	Tinto Fragoso	T	Castilla-La Mancha
18	Hebén	B	Extremadura / Madrid / Navarra-EVENA	**40**	Tinto Jeromo	T	Castilla-La Mancha / Castilla y León
19	Hondarrabi Beltza (HB)	T	País Vasco	**41**	Tortozona Tinta	T	Aragón / Castilla-La Mancha / Madrid / Navarra
20	Indiana	B	Andalucía	**42**	Trobat	T	Cataluña
21	Jarrosuelto	B	Aragón / Castilla-La Mancha / Navarra-EVENA	**43**	Zamarrica	T	Galicia
22	Mandregue	T	Aragón	**44**	Zurieles	B	Castilla-La Mancha / Extremadura

***Para la CCAA de Navarra, se indica el centro de procedencia ya que dentro de esta comunidad se envían muestras desde dos centros distintos: EVENA y UPNA. Cuando se indica únicamente Navarra, sin especificar centro, es porque esa variedad procede de ambos centros.**

Tabla 2.- Valores promedio de $\delta^{13}C$ (‰) por año de estudio.

	2019	**2020**	**2021**
$\delta^{13}C$ (‰)	-24,710 b +/- 2,06	-24,889 b +/- 1,54	-25,299 a +/- 1,71

Diferentes letras (a, b) indican diferencias estadísticamente significativas a $p < 0,05$ según el test de Tukey.

Tabla 3.- Valores promedio para los tres años de las distintas CCAA - Centros de procedencia de los índices agroclimáticos: GDD y W, y del $\delta^{13}C$ (‰) de las muestras de mosto en el momento de la vendimia. Se agrupan los centros en función del valor de $\delta^{13}C$ (‰), por déficit hídrico, de acuerdo con la clasificación de Santesteban et al. (2015).

CCAA	**Centro[(1)]**	**GDD (ºC)**	**W (mm)**	**$\delta^{13}C$ (‰)**	**Déficit Hídrico (Santesteban et al., 2015)**
País Vasco	**DV**	--	--	-28,542 a +/- 0,506	**Débil – Nulo ($\delta^{13}C$ <-26‰)**
Navarra	**UP**	1.283,8	147,32	-28,170 a +/- 0,986	
Aragón	**DG**	2.047,6	-148,86	-27,089 b +/- 0,800	
Galicia	**EVG**	1.548,3	208,44	-26,017 c +/- 1,533	**Débil - Moderado ($\delta^{13}C$ = -26‰ y -25‰)**
Navarra	**EVN**	1.656,4	-2,53	-26,011 c +/- 1,099	
Castilla y León	**IT**	1.422,6	-62,45	-24,972 d +/- 2,243	**Moderado – Severo ($\delta^{13}C$ = -25‰ y -24‰)**
Cataluña	**IN**	1.930,3	-35,05	-24,796 d +/- 0,842	
Madrid	**IM**	2.019,7	-73,23	-24,664 d +/- 0,736	
Extremadura	**CI**	2.095,7	-13,01	-24,263 de +/- 1,076	
Castilla-La Mancha	**IV**	2.162,6	-104,03	-23,261 ef +/- 0,884	**Severo ($\delta^{13}C$ > -24‰)**
Andalucía	**IF**	2.461,0	-85,30	-23,210 f +/- 0,871	

Diferentes letras (a, b, c, d…) indican diferencias estadísticamente significativas a $p < 0,05$ según el test de Tukey.

[(1)] **Centro (Abreviatura):** Diputación de Vizcaya (**DV**), UPNA (**UP**), DGA (**DG**), EVEGA (**EVG**), EVENA (**EVN**), ITACyL (**IT**), INCAVI (**IN**), IMIDRA (**IM**), CITYTEX (**CI**), IVICAM (**IV**), IFAPA (**IF**).

Figuras

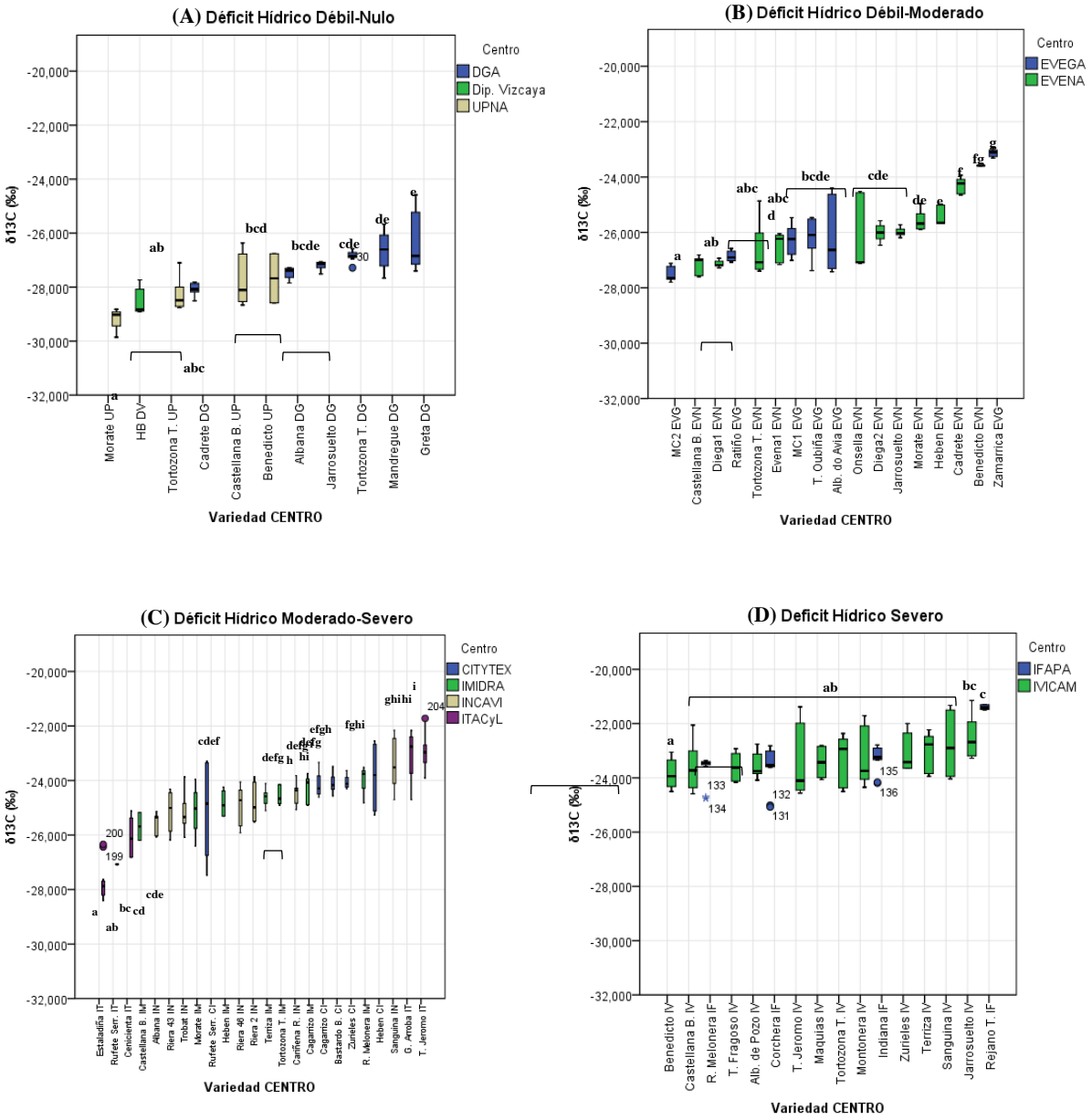


Fig. 1. Diagramas de barras agrupados con los valores promedio de $\delta^{13}C$ (‰) del mosto de las distintas Variedades – Centro de procedencia. Se agrupan las variedades por procedencia clasificadas según déficit hídrico según los valores de $\delta^{13}C$ (‰): (A) Débil – Nulo ($\delta^{13}C$ < -26‰), (B) Débil – Moderado ($\delta^{13}C$= -26 y -25‰), (C) Moderado - Severo ($\delta^{13}C$= -25 y -24‰), (D) Severo ($\delta^{13}C$ > -24‰). Los resultados están ordenados por sus medias. La línea continua negra indica la mediana y los extremos de los recuadros corresponden a los percentiles 25 y 75 de los datos. Las barras de error representan los percentiles 10 y 90. Los círculos huecos fuera de las cajas corresponden a valores atípicos. Diferentes letras (a, b, c, d…) indican diferencias estadísticamente significativas a p < 0,05 según el test de Tukey.

Efecto del riego en estado de parada vegetativa en el cultivo de la vid

A. Montoro[1*], G. Ortiz de Elguea[2,] H. Picazo[1], I. Torija[1]

[1]Instituto Técnico Agronómico Provincial, Pol. Campollano, Avda. Segunda, nº 61, 02007 Albacete

**Autora: meli.itap@dipualba.es*

Palabras clave: *Vitis vinifera*, Syrah, riego invernal, reservas, almidón, producción.

Resumen

Se presentan los resultados de un estudio realizado en el otoño de 2021 y primavera de 2022, en la variedad Syrah de *Vitis vinifera* cultivada en clima semiárido en la región de La Mancha, sobre un viñedo tipo de la zona de estudio, de 15 años de edad y conducción en sprawl. El diseño experimental consistió en un ensayo con bloques al azar y 3 repeticiones. La variable estudiada fue el agua aportada mediante riego en el periodo otoñal e invernal, ya que en el periodo de ciclo vegetativo todos los tratamientos recibieron la misma cantidad de agua. Para ello se dispuso de unas estructuras sobre el viñedo a modo de cobertizos, las cuales cubrían el ensayo desde el inicio de caída de hoja hasta inicio de brotación y de este modo evitaban que la lluvia cayese sobre la plantación en dicho periodo, con la finalidad de poder controlar perfectamente la cantidad y el momento de recarga del suelo únicamente mediante riego, en el periodo de parada vegetativa. Se realizaron tres tratamientos: secano invernal (TS), en el que no recibió nada de agua en parada vegetativa; regadío en postvendimia (TV), en el que se llenó el perfil del suelo en dicho momento y regadío en prebrotación (TP), en el que se llenó el perfil del suelo en el estado fenológico de lloro. Se evalúa el efecto del agua recibida en periodo invernal sobre la respuesta productiva mediante los resultados de los componentes del rendimiento de la cosecha vendimiada a 25ºBrix, sobre la respuesta cualitativa, mediante los índices de madurez tecnológica en mosto (acidez, pH y potasio) y sobre las reservas, mediante el análisis de almidón y azúcares procedentes de madera de los diferentes tratamientos estudiados.

INTRODUCCIÓN

Smith et al. (2009) demostraron que los rendimientos de la vid dependían de los carbohidratos estructurales en los órganos de reserva, principalmente del almidón que se encuentra en las raíces antes de brotar. Otros estudios han demostrado que los carbohidratos solubles también se ven afectados después de varios períodos de sequía, lo que lleva a un aumento en las concentraciones de sacarosa en la madera antes de la brotación en la temporada posterior al déficit hídrico a expensas de una disminución en el almidón (Ndungu et al., 1997; Petrie et al., 2004; Rogiers et al., 2011). Bonada et al. (2018) observaron que las lluvias invernales incrementaron el rendimiento de la variedad Syrah en el Valle de Barossa. Sin embargo, el aumento de la cosecha estuvo acompañado de un mayor vigor en las vides y efectos adversos en la composición de la uva y el vino. Por tanto, parece evidente la conexión entre las reservas, influenciadas por el estado hídrico de la planta, y el control de la brotación y posterior floración, todo ello regulado por niveles hormonales y nutricionales, que sufren cambios en función del nivel de hidratación (Liu et al.., 1978; Mullins et al., 1992).

En España han sido realizados muchos trabajos en vid que relacionan rendimientos y características químicas de la baya con riegos

aplicados en periodo vegetativo, pero no ha sido estudiado el efecto de la lluvia invernal sobre la producción, siendo cada vez más frecuentes episodios de escasez de lluvia invernal. Esto provoca que, llegado el momento de la brotación de la vid, exista un déficit hídrico en las reservas de agua del suelo y una baja movilización de los carbohidratos estructurales de las reservas en el periodo de prebrotación. Por ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del agua invernal sobre la respuesta productiva y sobre las reservas en la vid variedad Syrah.

MATERIAL Y MÉTODOS

La parcela en la que se ha llevado a cabo el ensayo está situada en la localidad de Valdeganga (Albacete), a 667 msnm. La plantación tiene una edad de 17 años, a un marco de 3 m entre líneas de cultivo y 1,25 m entre cepas de la misma línea y regada desde el primer año de cultivo. La poda es en doble cordón Royat, con 4 pulgares por brazo y dos yemas por pulgar. La clasificación del suelo según FAO es Calcisol cámbico, con textura franco arenosa y sin limitaciones de profundidad para el desarrollo radicular. El clima es semiárido, con una precipitación media anual de los últimos 10 años de 356 mm. Las condiciones climáticas de humedad y temperatura del aire, así como precipitación, fueron medidas durante el experimento con una estación agroclimática FieldClimate ® localizada en la misma parcela del ensayo.

En 2021 se diseñó un ensayo experimental de bloques al azar con 3 repeticiones y 3 tratamientos: secano invernal (TS), en el que no recibió nada de agua en parada vegetativa; regadío en postvendimia (TV), en el que se llenó el perfil del suelo en dicho momento y ya no recibió nada de agua en parada vegetativa y regadío en prebrotación (TP), en el que no recibió nada de agua de lluvia desde la vendimia hasta el estado de lloro, en el que se llenó el perfil del suelo. El control del agua en periodo invernal se consiguió mediante la instalación de una techumbre o cobertizo que cubrió las cepas del ensayo desde vendimia a brotación. Tras la brotación, los tres tratamientos recibieron la misma cantidad de agua: 30% de la ET_o, mediante riego localizado por goteo, con dos goteros autocompensantes por planta, de caudal 4 l/h y 2 riegos semanales.

Cuando las bayas llegaron a 25ºBrix de solidos solubles, se realizó la vendimia, obteniéndose los componentes del rendimiento (nº de racimos, bayas por racimo y peso de la baya) y se analizó la madurez tecnológica y fenólica.

El contenido de glucosa y almidón se realizó sobre madera de tronco. La extracción de las muestras de madera se realizó previa a la brotación, mediante una barrena “Hanglöf”, e inmediatamente después las muestras se pasaron a la estufa durante 1 hora a 100 º C y posteriormente estuvieron a 70ºC durante tres días, para detener cualquier proceso de degradación hasta su análisis. Posteriormente, se trituraron y homogeneizaron. La cuantificación del almidón se hizo solubilizando las muestras mediante solución tampón y ácido para después proceder a la digestión enzimática que hidroliza la glucosa. Por último, mediante espectrofotometría se obtuvo la concentración de glucosa libre y de ésta, la concentración del almidón.

Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente mediante análisis de la varianza utilizando el programa estadístico IBM SPSS v.19®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1 muestra la cantidad de agua recibida en cada uno de los tratamientos en periodos invernal y vegetativo, en la que se refleja que la primavera fue lluviosa, lo que

probablemente ayudó al desarrollo del tratamiento TS, el cual no había recibido agua desde la campaña anterior y quizá igualó en gran medida los tratamientos TV y TP.

Los parámetros que indican la madurez tecnológica y fenólica de la uva se muestran en la tabla 2. El rendimiento se vio afectado, de forma significativa, siendo mayor en los tratamientos que recibieron agua en la parada invernal (TV y TP), determinado por el número de bayas por racimo, que fue también mayor y estadísticamente significativo en los tratamientos TV y TP. Aunque el peso de la baya no mostró significación estadística, fue menor en el de secano invernal (TS). La acidez total y el contenido en ácido tartárico más altos fueron alcanzados por los tratamientos TS y TP. Sin embargo, no hubo diferencias significativas en cuanto al ácido málico entre los tres tratamientos. En cuanto a madurez fenólica, el valor mayor de antocianos e índice de polifenoles totales lo alcanzó el tratamiento TS, con diferencias significativas.

Las figuras 1 y 2 muestran los valores de glucosa y de almidón para cada uno de los tratamientos, observándose que el tratamiento que alcanzó valores mayores, tanto de glucosa como de almidón fue el TV. Por el contrario, el de valores menores fue el TS. Destacar que además de ello los valores fueron estadísticamente significativos para los niveles de almidón, pudiendo ser esto la explicación del menor rendimiento observado en TS.

El primer año de estudio ha arrojado diferencias entre tratamientos, principalmente entre el que no recibió agua en todo el periodo de parada vegetativa y los que recibieron en post-vendimia y prebrotación, pudiéndose explicar por la diferente acumulación de reservas entre ellos. Por ello, es necesario continuar con el estudio en las próximas campañas, para comprender mejor el efecto del agua invernal sobre la producción y poder discernir las diferencias entre TV y TP, si es que las hubiera.

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación obtenida del Ministerio de Ciencia e Innovación, a través de las ayudas a Proyectos I+D+i, en el marco de los Programas Estatales de Generación de Conocimiento y Fortalecimiento Científico y Tecnológico del Sistema I+D+i y de I+D+i orientada a los Retos de la Sociedad, al proyecto PID2019-105039RR-C43.

Referencias

Bonada M., Petrie P., Edwards E. and McCarthy M. 2018. Managing the impacts of climate change rainfall decline on vine balance and root activity. Report Project number 1302. Goverment of South Australia.

Liu W. T., Pool R., Wenkert W. and Kriedemann P.E. 1978. Changes in photosynthesis, stomatal resistance and abscisic acid of *Vitis labrusca* through drought and irrigation cycles. Am. J. Enol. Vitic. 29: 239-246.

Mullins M. G., Bouquet A. and Williams L.E. 1992. Biology of the Grapevine (1st ed.). 93-121 pp. Cambridge University Press.

Ndung'u C. K., Shimizu M., Okamoto G. and Hirano K. 1997. Abscisic acid, carbohydrates, and nitrogen contents of Kyoho grapevines in relation to budbreak induction by water stress. Am. J. Enol. Vitic. 48: 115-120.

Petrie P.R., Cooley N.M. and Clingeleffer P.R. 2004. The effect of post-veraison water deficit on yield components and maturation of irrigated Shiraz (*Vitis vinifera* L.) in the current and following season. Aust. J. Grape Wine Res. 10: 203-215.

Rogiers S. Y., Holzapfel B.P. and Smith J.P. 2011. Sugar accumulation in root of

two grape varieties with contrasting response to water stress. Ann. Appl. Biol. 159: 399-413.
Smith J.P., Mith J.P. and Holzapfel B.P. 2009. Cumulative responses of Semillon grapevines to late season perturbation of carbohydrate reserve status. Am. J. Enol. Vitic. 60: 461-470

Tablas

Tabla1. Cantidad de agua recibida en cada uno de los tratamientos.

	TS	TV	TP
Periodo de parada vegetativa			
Precipitación (mm)	0	0	0
Riego (mm)	0	51*	51**
Agua total recibida en parada vegetativa	0	51	51
Periodo vegetativo			
Precipitación en primavera (mm)	125	125	125
Riego en primavera (mm)	0	0	0
Precipitación en verano hasta vendimia (mm)	58	58	58
Riego en verano hasta vendimia (mm)	147	147	147
Total agua recibida en periodo vegetativo (mm)	330	330	330
Total agua recibida (mm)	330	381	381

(*) En otoño de 2021, a finales de octubre, en caída de hoja. (**) En primavera de 2022, antes del desborre

Tabla 2. Madurez tecnológica y fenólica a fecha de vendimia.

Parámetro	TS		TV		TP		Significación
Rendimiento (t/ha)	0,614	a	1,076	b	1,251	b	*
Nº racimos/cepa	31		29		34		n.s.
Nº de bayas/racimo	70	a	113	b	114	b	*
Peso de la baya (g)	1,28		1,44		1,46		n.s.
Peso del racimo (g)	89,2	a	163,7	b	165,1	b	**
Grados Brix	24,7		25,3		24,6		n.s.
Acidez Total (g/l)	5,49	b	4,85	a	5,58	b	***
Ácido tartárico (g/l)	6,65	b	6,16	a	6,51	ab	*
Ácido málico (g/l)	1,70		1,74		1,73		n.s.
pH	3,47	a	3,64	c	3,54	b	***
Antocianos (mg/l)	1726	c	1200	a	1457	b	**
Índice de polifenoles totales	105	b	87	a	92	a	**

Significación de análisis de varianza estadística: *<0,05, **<0,01, ***< 0,001, n.s.: no significativo.

Figuras

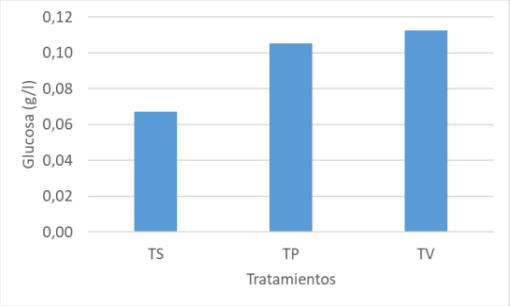


Fig. 1. Glucosa (g/l) de los tres tratamientos. (Sin diferencia significativa estadística entre ellos).

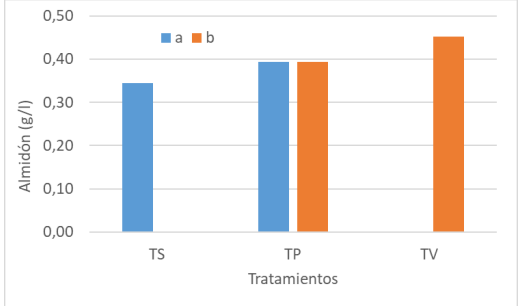


Fig. 2. Almidón (g/l) de los tres tratamientos. Diferentes colores muestran diferentes grupos en la significación estadística. Diferenciados estadísticamente **<0,01

Sintomatología específica y daños esperables provocados por heladas primaverales en vid

M.J. Laquidain, L.G.Santesteban, C. Miranda, J.B. Royo

[1]Departamento de Agronomía, Biotecnología y Alimentación. Universidad Pública de Navarra (UPNA), Pamplona, Navarra.

*M.J-Laquidain: mjlaquidain@unavarra.es

Resumen

Las heladas de primavera son una de las causas de principales causas de perdida de cosecha en muchas regiones vitivinícolas ya que afectan a yemas y brotes en crecimiento. Además, la situación de cambio climático en la que nos encontramos y el aumento de episodios extremos hace pensar que pueden aumentar las pérdidas. En este trabajo se pretendía describir los síntomas específicos de helada, determinar el orden de sensibilidad relativa de los tejidos y establecer una relación entre la temperatura, el daño y la extensión de la afección. Se utilizaron estaquillas autoenraizadas de las variedades Garnacha, Tempranillo, Cabernet Sauvignon, Viura, Chardonnay y Merlot, sometidas a ensayos de simulación de heladas, a diferentes temperaturas, desde el reposo invernal hasta el estado "G". Posteriormente, se evaluaban visualmente la proporción de yemas afectadas y la extensión de la afección en las distintas partes de la yema o el brote: hojas, racimos, parte exterior del brote, médula y conos secundarios. Las observaciones permitieron describir los síntomas específicos y el orden de sensibilidad relativa de los tejidos. Se pudo establecer que cuando la afección se localiza sólo en las partes más sensibles la helada sólo afecta a unas pocas yemas, mientras que si están dañadas las partes más resistentes, es de esperar una alta proporción de yemas dañadas y, por tanto, mayor pérdida de cosecha.

Palabras clave: *Vitis vinifera*, vid, helada, síntomas, daños, relación Tº-daño.

INTRODUCCIÓN

Las heladas primaverales son una de las principales causas de la fluctuación de cosechas en algunas de las zonas vitivinícolas españolas y los daños, aunque siempre tienen efectos negativos, son variables en su intensidad e implican la pérdida total o parcial de la producción y un desequilibrio en la plantación. Los viticultores, desde los principios del Sistema de Seguros Agrarios en España, han podido contratar pólizas para garantizar rentas frente a los principales riesgos climáticos. El desarrollo del sistema de seguros agrarios llevó a las Administraciones Públicas implicadas a profundizar en el conocimiento de los efectos causados por los diferentes riesgos asegurables, para mejorar la información y el conocimiento de todos los implicados en la aplicación y gestión del seguro incluidos los asegurados. Este trabajo se enmarcó en el interés por conocer los efectos de las heladas primaverales en la vid.

La sensibilidad de las yemas frente a las bajas temperaturas se puede establecer a partir de la denominada temperatura crítica que Young (1920) definió como la temperatura más baja que no produce daños en 30 minutos de exposición. Asimismo, se ha tratado de

establecer la LD10, LD50 y LD90 que estiman las temperaturas que causa la muerte de un 10, 50, 90 por 100, respectivamente (Proebsting y Mills, 1978). Muchos estudios han tratado de buscar esta relación, pero existen muchas dificultades que impiden establecerla con precisión. Por otra parte, las descripciones de los síntomas de helada en vid, especialmente tras el desborre, eran escasas y muy genéricas limitándose a indicar que un tejido helado se distingue de uno helado por su color marrón.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó sobre las variedades Garnacha, Tempranillo, Cabernet Sauvignon, Viura, Chardonnay y Merlot. Se procedía a provocar heladas en plantas autoenraizadas, desde el reposo hasta que alcanzaban el estado "G". En cada estado se intentaban obtener un amplio rango de daños para poder analizar síntomas de los tejidos en situaciones graduales de daño.

En cada ensayo, se introducían 6 plantas autoenraizadas en una cámara de simulación de helada; se mantenían 2-3 horas a 7 ºC y, a continuación, descendía a un ritmo de 2 ºC/hora hasta la mínima programada, donde permanecía 30 min y, posteriormente, ascendía a 3 ºC/hora hasta estabilizarse en 7 ºC.

A las 48 horas de la helada, las yemas o brotes se seccionaban longitudinalmente, se observaban con lupa y se anotaban, cualitativamente, los síntomas observados en hojas, estípulas, brote, racimos y conos secundarios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se organizan, en relación con los objetivos, por un lado, en establecer la relación entre la temperatura y el daño y, por otro, en describir los síntomas específicos de helada en cada estado fenológico

RELACION TEMPERATURA-DAÑO

En la Tabla 1 se resumen los daños provocados en las 6 variedades según el rango de temperatura ensayado para cada estado fenológico. De los resultados expuestos se deduce que la resistencia de la vid a las heladas es muy alta en estado de yema de invierno, pero disminuye drásticamente desde el desborre y, sobre todo, desde el estado fenológico "D".

Asimismo, se observa que ′Cabernet Sauvignon′ y ′Chardonnay′ son más resistentes a las heladas invernales que el resto. A partir del estado fenológico "B" las diferencias varietales son pequeñas y seguramente estarán más relacionadas con factores de naturaleza externa que con características genéticas específicas. Hay que tener en cuenta que el estado fenológico de la planta representa un momento determinado del ciclo pero, en un mismo estado, el grado de desarrollo de la yema, o del brote, puede ser diferente en función del vigor inicial del crecimiento y, conforme éste es mayor, la resistencia a la helada (a igualdad de estado) también lo es. Los ensayos se realizaron con plantas autoenraizadas del año y, a veces, se encontraban diferencias entre plantas en cuanto al desarrollo de los brotes que pueden explicar en parte las diferencias intervarietales que se muestran en la Tabla 1.

SINTOMAS ESPECIFICOS DE HELADAS EN VID

Los síntomas específicos que producen las heladas se exponen, para cada estado fenológico, de forma gradual desde los más débiles hasta los más intensos. Los tejidos más

sensibles serán los más frecuentemente afectados (incluso en casos de heladas muy ligeras) y si se observan anormalidades en las yemas de la vid, solo se podrán achacar a heladas si los tejidos más sensibles están más frecuentemente dañados y con mayor frecuencia que los más resistentes.

En todos los estados, los conos secundarios son más resistentes que el brote principal. La diferencia de sensibilidad aumenta conforme se desarrollan los estados fenológicos.

Estados fenológicos "A" y "B"

Las yemas en "A" son más resistentes a las heladas que en el estado "B" pero la sensibilidad relativa de cada una de sus partes es similar. La zona apical del cono principal es la parte más sensible de la yema; la corteza y la base de las estípulas son más sensibles que los ápices de éstas y la médula. Conforme la helada es más intensa, el daño se extiende progresivamente hacia la base del microbrote siendo la estípula de la base, la parte más resistente del cono primario. Los botones secundarios son más resistentes que el primario y suelen helarse en las condiciones que provocan daños graves al principal. La sensibilidad relativa de cada parte del botón secundario es como en el principal.

Las heladas muy intensas provocan una rápida desorganización de los microbrotes y pueden afectar incluso a las escamas externas de las yemas que se deshidratan y se desprenden con facilidad. Las diferencias de sensibilidad a las heladas entre las partes del cono principal también son pequeñas y por eso lo más frecuente es que, en condiciones de helada, el microbrote esté sano o afectado en su mayor parte. La proporción de yemas heladas en las que se ven afectados los botones secundarios es un buen indicador de la proporción de yemas heladas en una parcela.

Estados fenológicos "C" y "D"

Las diferencias de sensibilidad entre las distintas partes del cono principal son muy pequeñas: las hojas de la base son, junto con las estipulas, ligeramente más sensibles y los racimos, resto de hojas y el microbrote casi idéntica. En un brote dañado se observa que la médula hiperhidratada de color verde claro mate o marrón más intenso en la parte superior mientras la corteza de color marrón más oscuro en la zona inferior. Los racimos helados lo están en su totalidad y las estipulas de la base pueden estar sanas.

Estados fenológicos "E"

El desarrollo de la yema hace que se empiecen a observar diferencias de sensibilidad entre los tejidos. El limbo de las hojas es el tejido más sensible, y más cuanto menos desarrolladas están. Los racimos normalmente sólo se dañan en brotes con todas las hojas afectadas. El peciolo de las hojas y el resto del brote tienen una sensibilidad similar a los racimos; por tanto, lo normal es encontrar brotes afectados solo en las hojas o en todo el brote principal.

Estados fenológicos "F" y "G"

El limbo de las hojas, sobre todo de las más desarrolladas, es la parte más sensible con necrosis que, en los casos leves, se localizan en los bordes mientras que si son más intensos se extienden a la mayor parte del limbo. La diferencia de sensibilidad entre el limbo y cualquier otra parte del pámpano hace que puedan encontrarse todos los limbos total o parcialmente dañados sin que los peciolos ni el resto del pámpano lo estén.

Los racimos se ven dañados con heladas que afectan a todas o la mayor parte las hojas del pámpano; las flores son más sensibles que el raquis. Junto a los racimos se suelen observar daños en el ápice del brote y la sensibilidad en el pámpano disminuye del ápice hacia la base. Para el mismo rango, los peciolos y la zona del cambium son más sensibles y la

médula más que la corteza.

La gran diferencia de sensibilidad entre los tejidos permite relacionar la extensión del daño en los brotes helados y el daño global.

AGRADECIMIENTOS

Los trabajos se realizaron en virtud de un Convenio de Colaboración suscrito entre la Universidad Pública de Navarra y la Entidad Estatal de Seguros Agrarios.

REFERENCIAS

Proebsting, L. Jr. and H. H. 1978. Low Temperature Resistance of Developing Flower Buds of Six Deciduous Fruit Species. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103(2): 192-198

Young, F. D. 1920. Frost and the prevention of damage by it. US DA Farmers' Bul. 1096.

Tablas

Tabla 1.- Daños provocados en las distintas variedades y estados fenológicos en los distintos rangos de temperaturas ensayadas

Est.	**Rango Tª**	**Daños (% yemas o brotes afectados) en la variedad:**						
Fenol.	**(ºC)**	**CS**	**CH**	**GA**	**TE**	**VI**	**ME**	**Media**
A	-12/-13	0,0	9,7		33,0		25,0	**16,9**
	-14/-15	9,0	14,0		48,4		28,0	**24,8**
	-17/-18	31,3	28,3		51,5		65,0	**44,0**
B	-2,0/-2,5	15,7	6,5	16,8	14,9	15,4	9,3	**13,1**
	-3,0/-4,0	48,9	29,9	42,3	38,9	45,3	29,1	**39,1**
	-5,0/-6,0	70,0	68,8	60,0	62,1	54,5	46,8	**60,4**
	-7,0/-8,0	93,4	95,0	94,4	100,0	75,2		**91,6**
	-8,5/-9,5	100,0			100,0			**100,0**
C	-2,5/-3,5	23,2	28,5	13,2	14,6	23,5		**20,6**
	-4,0/-4,5	38,6	39,5	30,5	35,5	53,2		**39,5**
	-5,5/-6,0	90,0	97,4	78,5	83,4	66,1		**83,1**
	-7,0/-7,5	100,0	91,7	87,5	92,9	100,0		**94,4**
D	-2,5/-3,0	49,0	33,8	20,0	33,3	42,5		**35,7**
	-3,5/-4,0		68,8	35,7	74,5	69,2		**62,1**
	-5,0/-5,5	90,9	58,2	69,7	75,0	100,0		**78,8**
	-6,5/-7,0	86,2	96,2	90,0	69,2	100,0		**88,3**
E	-1,5/-2,0	11,7		0,0		22,0		**11,2**
	-2,7/-3,2	51,5	57,0	48,6	27,9	35,0		**44,0**
	-4,5/-5,0	91,9	64,1	65,1	86,5	90,5		**79,6**
	-6,5/-7,0	100,0	90,9					**95,5**
F	-0,8/-1,2	20,0		0,0				**10,0**
	-2,0/-2,5	35,8		42,0	82,0	78,4		**59,6**
	-3,5/-3,8	80,3	87,2	87,1	91,9	93,8		**88,1**

	-4,0/-5,0		70,9	96,1	100,0	95,2		**90,6**
	-6,0/-7,0					100,0		**100,0**
G	-1,0/-1,5	26,0		14,0				**20,0**
	-3,0/-3,5	81,5	74,4	66,7	100,0	85,7		**81,7**
	-4,0/-5,0	96,8		91,9				**94,4**
	-6,0/-7,0	100,0	100,0		100,0	91,7		**97,9**

Evaluando la tolerancia al estrés hídrico de diferentes clones de Monastrell en condiciones semiáridas

P. Romero, P. Botía, E.I. Morote, F.M. Hernández, E. Arques, J.A. Palazón, y J.M. Navarro
Equipo de Riego y Fisiología del Estrés. Departamento de Bioeconomía, Agua y Medioambiente. IMIDA, C/Mayor s/n, 30150, La Alberca, Murcia, e-mail: pascual.romero@carm.es

Palabras clave: calidad de uva, clones, eficiencia en el uso del agua, déficit hídrico, tolerancia a sequía

Resumen

El objetivo del estudio fue analizar la respuesta fisiológica y agronómica de siete clones tradicionales de Monastrell cultivados en campo (4, 94, 188, 360, 276, 372 y 373) en las condiciones semiáridas del sureste español. El estudio se llevó a cabo durante cuatro años (2018-2021) en condiciones óptimas de riego y en riego deficitario Los resultados permitieron establecer una clasificación de los diferentes clones según el grado de tolerancia a la sequía y el comportamiento agronómico/enológico. La clasificación ha revelado que a) el clon 4 no fue el más productivo, ni eficiente en el uso del agua y tampoco el que dio una mejor calidad de uva. Además, este clon tuvo un comportamiento fisiológico diferente al resto de clones, y no mostró mecanismos de conservación de agua en condiciones de estrés hídrico, b) el clon 94 fue el más productivo y eficiente y también fue un clon tolerante a la sequía, pero dio la peor calidad de uva y vino y el menor potencial nutracéutico, c) el clon menos vigoroso de todos, clon 360, dio una buena calidad polifenólica de uva, pero con ciertos atributos negativos como un alto pH, un alto contenido en taninos y ácido málico, y a expensas de un vigor y un rendimiento muy reducido (4.000 kg/ha) y también de la menor EUA (10 kg/m^3), por tanto no se recomienda en estas condiciones edafoclimáticas, d) por el contrario, los clones de vigor bajo/moderado, 372, 276 y de vigor alto (188) alcanzaron un equilibrio entre producción, eficiencia y calidad.

INTRODUCCIÓN

La combinación de estrategias de riego deficitario y genotipos (clones) más resilientes, eficientes y adaptados a la sequía, puede ser una medida útil de adaptación al cambio climático (CC) para mantener la sostenibilidad de los viñedos a medio plazo, especialmente en las regiones vitivinícolas semiáridas, cálidas y más vulnerables del sur de Europa (Van Leeuwen et al., 2019). Estudios recientes han revelado la existencia de niveles significativos de diversidad genética entre los clones de Monastrell en el sureste de España (Esteras et al., 2017), pero hay poco conocimiento sobre su comportamiento fisiológico y agronómico bajo condiciones de secano y riego deficitario. El presente estudio tiene como objetivo analizar la respuesta fisiológica y agronómica de siete clones de Monastrell en condiciones de RDC (control, regado durante todo el ciclo del cultivo) y bajo una estrategia de RDC muy restrictiva (estrés, regado solo hasta el cuajado del fruto). Nos hemos centrado en medir la variabilidad interclonal de Monastrell en las relaciones hídricas de la planta y el intercambio de gases, el crecimiento vegetativo, el rendimiento, la eficiencia productiva en el

uso del agua (EUA) y la calidad de la uva y el vino. Además, se ha establecido una clasificación de los diferentes clones según el grado de tolerancia a la sequía, su rendimiento agronómico y su potencial enológico.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en una parcela experimental de viñedo (*Vitis vinífera* L. var. Monastrell) en Cehegín (Murcia) en las condiciones semiáridas del sudeste español. Se estudiaron siete clones tradicionales de Monastrell cultivados en campo (4, 94, 188, 360, 276, 372 y 373), procedentes de una prospección realizada en viñedos de la Región de Murcia (Bullas, SE España) en el año 2000. El estudio se llevó a cabo durante cuatro años (2018-2021) en viñas adultas en espaldera (+20 años) y en condiciones de riego deficitario controlado regado durante todo el ciclo fenológico (control, 843 m^3/ha/año) y en estrés hídrico (regado igual que el control hasta cuajado y no regado desde cuajado a postcosecha, 233 m^3/ha/año). Nos hemos centrado en medir la variabilidad interclonal de Monastrell en las relaciones hídricas de la planta y el intercambio de gases de la hoja, el crecimiento vegetativo, el rendimiento, la eficiencia en el uso del agua (EUA) y la calidad de la uva y el vino, siguiendo la metodología descrita en Romero et al. (2018, 2019). El potencial hídrico de tallo al mediodía (Ψ_s) y los parámetros de intercambio gaseoso fueron determinados mensualmente desde cuajado (Junio) hasta cosecha (Septiembre) mediante cámara de presión de Scholander y un analizador IRGA Licor 6400 respectivamente, en hojas sanas, maduras y soleadas del tercio superior de la cepa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Nuestros resultados muestran que la elección del clon tuvo un impacto muy significativo en el estado hídrico de la planta, la fotosíntesis y el uso del agua, el vigor, la productividad, la EUA y la calidad de la uva y del vino, indicando una gran plasticidad fenotípica entre los diferentes clones tradicionales de Monastrell. Es importante señalar que se observaron grandes diferencias en A, g_s y E entre clones, lo que demuestra que algunos genotipos presentan grandes flujos de CO_2 y agua, y otros bajos flujos de intercambio de gases (Tabla 1), como se observa en clones de otras variedades (Tortosa et al., 2020). Por tanto, los clones también juegan un papel fundamental en la respuesta al estrés hídrico de la vid. Los clones más vigorosos (94 y 188) fueron también los más productivos en condiciones de riego y estrés hídrico, maximizando la EUA, y llegando a alcanzar hasta 28-30 kg m^{-3} de media (Tabla 2). Además los clones más vigorosos (4,188, 94) fueron a su vez los más isohídricos (mantuvieron un mejor estado hídrico en condiciones de riego y estrés) comparados con los clones menos vigorosos (276, 360, 372, 373), que fueron más anisohídricos (Tabla 1).

Las diferencias en las relaciones g_s-Ψ_s y A-Ψ_s sugieren diferentes comportamientos estomáticos entre clones; por ejemplo, para el mismo Ψ_s, los clones 4 y 188 (de alto vigor) mantuvieron mayores tasas de g_s y A que los clones de bajo vigor (276, 360, 373) (Figura 1, Tabla 1). Además, algunos clones mostraron también un control estomático más fuerte y tendieron a cerrar sus estomas en condiciones de estrés hídrico antes que otros clones. Por ejemplo, los clones 276, 372 ó 188 mostraron una pendiente más alta y por tanto cerraron estomas antes y fueron los más sensibles al déficit hídrico del suelo y también al déficit de presión de vapor de la atmósfera (276 y 372). Por el contrario el clon 4 (que mostró una pendiente más baja), mantuvo una mayor apertura estomática durante el estrés hídrico

(Figura 1) y mostró una menor sensibilidad al déficit hídrico (Tortosa et al., 2020). Este estudio nos permitió clasificar los clones de Monastrell de acuerdo a tres aspectos relevantes: 1) tolerancia a la sequía, 2) eficiencia productiva en el uso del agua y 3) potencial de calidad de la uva y del vino, buscando un equilibrio óptimo entre estas tres características. La clasificación ha revelado que a) el clon más tolerante al estrés hídrico (clon 4) no fue el más productivo y eficiente en el uso del agua y tampoco el que dio mejor calidad de uva (Tabla 2). Además, este clon tuvo un comportamiento fisiológico completamente diferente al resto de clones y no mostró mecanismos de conservación de agua en condiciones de estrés hídrico, b) el clon 94 fue el más productivo y eficiente de todos y también fue un clon tolerante a la sequía, pero dio la peor calidad de uva y vino y el menor potencial aromático/nutracéutico, c) el clon menos vigoroso de todos, clon 360, dio una buena calidad polifenólica de uva, pero con ciertos atributos negativos como un alto pH, un alto contenido en taninos y ácido málico, y a expensas de un vigor y un rendimiento muy reducido (4.000 kg/ha) y también de la menor EUA (10 kg/m^3) (Tabla 2), por tanto no se recomienda en estas condiciones edafoclimáticas, d) los clones de vigor bajo/moderado, 372 y 276 alcanzaron un equilibrio entre producción, eficiencia y calidad. Estos clones fueron los más sensibles al estrés hídrico y pusieron en juego mecanismos de conservación del agua, como un mayor control estomático de la transpiración y una mayor reducción del área foliar, con el fin de reducir la pérdida de agua en condiciones de déficit hídrico del suelo y de un alto déficit de presión de vapor (DPV). Estos clones dieron rendimientos moderados (7.400-7.700 kg/ha), una alta EUA (entre 17-19 kg/m^3 agua aplicada) y una alta calidad de uva (Tabla 2) y, por tanto, son recomendables para su cultivo en estas condiciones edafoclimáticas, y e) por otro lado, el clon 188, de alto vigor, también mostró mecanismos de control de la pérdida de agua (un control estomático de la transpiración), además mantuvo un alto rendimiento (10.500 kg/ha), una EUA muy elevada (en torno a 29 kg/m^3), y mejoró la calidad fenólica de la uva (Tabla 2). Este clon puede recomendarse para la aplicación de estrategias de RDI en condiciones semiáridas, buscando un equilibrio entre alto rendimiento y eficiencia y una óptima calidad de uva.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto AGL2017-83738-C3-2-R del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y por el proyecto FEDER 1420-24 (programa operativo de la Región de Murcia 2014-2020), cofinanciado al 80% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional.

REFERENCIAS

Esteras C. Lopez-Lluch D., Derdak, S., Picó, B., J.J. Ruiz. 2017. BIO Web of Conferences **9**, 01019. 3 pp.

Romero P, Botía P, del Amor FM, Gil-Muñoz R, Flores P, Navarro JM. 2019. Agric. Water Manag. 225, 1–17.

Romero P, Botía P, Navarro JM. 2018. Agric. Water Manag. 209, 73–93.

Tortosa, I.; Escalona, J.M.; Toro, G.; Douthe, C.; Medrano, H. 2020. Agronomy. 10, 862.

van Leeuwen, C., L., Destrac-Irvine, A., Dubernet, M., Duchene, E., Gowdy, M., Marguerit, E., Pieri, P., Parker, A., de Rességuier L., Ollat, N. 2019. Agronomy 9, 514.

Tabla 1. Estado hídrico y tasas de intercambio gaseoso medido por la mañana (9:00-10:30 a.m) en clones de Monastrell durante el periodo post-envero del año 2020.

Clon	Ψ_s	A	g_s	Ci	E	A/g_s	A/E
360	-1,35a	8,84a	0,087a	197a	2,50a	105d	3,67c
373	-1,08d	11,41b	0,129b	209a	3,44b	94c	3,54bc
372	-1,30ab	10,50ab	0,117b	202a	3,12ab	100cd	3,61bc
276	-1,28abc	11,04b	0,121b	204a	3,18ab	98cd	3,62bc
188	-1,11cd	14,33c	0,185c	228b	4,41c	79b	3,31b
94	-1,15bcd	13,62c	0,181c	230b	4,28c	78b	3,31b
4	-0,99d	14,84c	0,236d	249c	5,14d	65a	2,94a
Tratamiento							
Control	-1,16	12,73	0,159	219	3,90	87	3,43
Estrés	-1,20	11,43	0,143	215	3,55	90	3,42
ANOVA							
Clon	****	****	****	****	****	****	****
Tratamiento	ns	***	*	ns	*	ns	ns
Interacción	ns	***	**	**	**	***	ns

*'ns' y *, **, *** y **** indican diferencias no significativas y diferencias significativas a P<0,1, P < 0,05, P <0,01, P <0,001 respectivamente, Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas al 95% según el test de Duncan. Unidades:* Ψ_s (MPa); A (µmol m^{-2} s^{-1}); g_s (mol m^{-2} s^{-1}); Ci (mmol mol^{-1}); E (mmol m^{-2} s^{-1}); A/g_s (µmol mol^{-1}); A/E (µmol $mmol^{-1}$).

Tabla 2. Parámetros de superficie foliar productivos y cualitativos de los diferentes clones de Monastrell, tratamiento de riego y su interacción. Promedio 2018-2020. EUA: Eficiencia productiva en el uso del agua.

Clon	Producción (kg/cepa)	EUA (kg/m^3)	Área foliar total (m^2 /cepa)	Peso fresco baya (g)	TSS (ºBrix)	pH	Tart/ Mál. ratio	Intens. Color (IC)	Ant. Totales (mg/l)	Taninos (mg/g PF)	QI_{total}
360	1,17a	10,02a	1,02a	1,19a	23,8b	4,19d	3,09c	6,2cd	671	3,86b	13,6
373	2,23b	16,66b	1,37a	1,60bc	23,1ab	4,11cd	3,44d	6,9d	606	2,26a	12,7
372	2,32b	19,15b	1,87b	1,48b	23,1ab	4,00ab	3,18cd	5,8bc	607	2,58a	12,4
276	2,22b	17,16b	2,14bc	1,60bc	23,1ab	4,07bc	3,27cd	6,7d	682	2,23a	12,2
188	3,15cd	28,78c	2,47c	1,78d	23,3ab	4,00ab	2,68b	5,3ab	761	2,97a	12,1
94	3,47d	29,99c	2,23bc	1,79d	22,5a	3,96a	2,33b	5,4ab	704	2,45a	11,3
4	2,59bc	25,31c	2,34bc	1,71cd	22,9ab	4,04abc	1,88a	5,0a	740	2,13a	11,5
Tratamiento											
Control	2,83	11,80	2,18	1,69	22,9	4,08	2,53	5,7	621	2,66	11,1
Estrés	2,08	30,22	1,65	1,50	23,3	4,03	3,15	6,0	745	2,62	13,4
ANOVA											
Clon	****	****	****	****	*	****	****	****	ns	****	ns
Tratamiento	****	****	****	****	ns	**	****	ns	**	ns	****
Interacción	ns	****	ns	****	ns	**	***	ns	**	ns	ns

*'ns' y *, **, *** y **** indican diferencias no significativas y diferencias significativas a P<0,1, P < 0,05, P <0,01, P <0,001 respectivamente. Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas al 95% según el test de Duncan.*

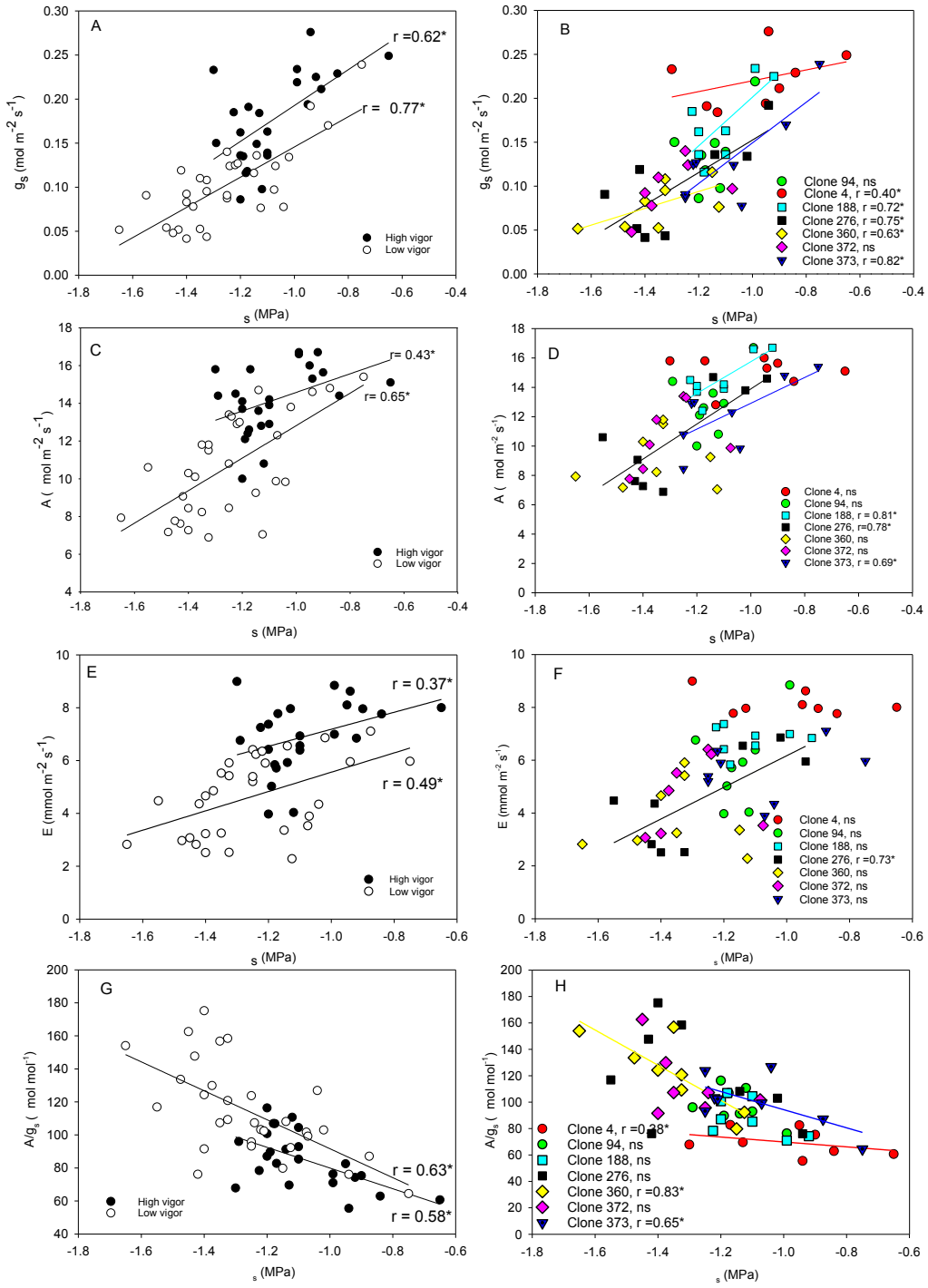


Figura 1. Relaciones significativas entre potencial hídrico de tallo medido al mediodía y los parámetros de intercambio gaseoso medidos al mediodía para los diferentes clones de Monastrell en el período de post-envero 2020. ns, no significativo; *, P <0.05. High vigor: Alta producción y desarrollo vegetativo. Low vigor. Baja producción y desarrollo vegetativo.

Dinámica de propagación de las infecciones virales GFLV, GFkV, GLRaV-1 y -3 en tejidos en desarrollo de la vid

Sara Crespo-Martínez[1]*, Asier Ramirez[1], Oihane Oneka[1], María Ancín[1-2], Jorge Urrestarazu1, Luis Gonzaga Santesteban[1]

[1]Dpto. Agronomía, Biotecnología y Alimentación, Universidad Pública de Navarra, Campus Arrosadia, 31006 Pamplona, Navarra, España

[2]Instituto de Agrobiotecnología, IdAB-CSIC, Av. Pamplona, 123, 31192 Mutilva Baja, Navarra, España

*Sara Crespo Martínez: sara.crespo@unavarra.es

Resumen

En vid, los virus del entrenudo corto (GFLV), jaspeado (GFkV) y enrollado (GLRaV-1 y -3) están extendidos y presentes en los viñedos de todo el mundo. A excepción de la presencia de virus en los ápices meristemáticos, dado su interés para la generación de material libre de virus, el conocimiento sobre cómo estos virus se comportan en nuevos tejidos es muy escaso. En este contexto, este trabajo pretende conocer cómo GFLV, GFkV, GLRaV-1 y -3 se propagan en los tejidos en desarrollo. Para ello, se enraizaron en maceta sarmientos de *Vitis vinifera* L. cv. Garnacha infectados por GFLV, GFkV, GLRaV-1 o -3. Se muestrearon tejidos de yemas y de hojas en diferentes estados de desarrollo, y se cuantificó la presencia de dichos virus mediante RT-PCR. Los cuatro virus fueron detectados en todos los tejidos, por lo que se confirmó su capacidad para crear una infección sistémica, siendo capaces de multiplicarse y transportarse a corta y larga distancia, desde el inicio del desarrollo. GFLV fue el más eficiente en la infección de nuevos tejidos, ya que su concentración en yemas no difirió de la obtenida en sarmiento. En cuanto a la carga vírica en los brotes con hojas en desarrollo, la distribución de GFLV y GFkV se correlacionó significativamente con su posición en el brote, siendo máxima en las hojas menos desarrolladas. Esta tendencia se relaciona con el incremento de la fuerza sumidero hacia zonas en desarrollo.

Palabras clave: Virus de la vid, tejidos en desarrollo, RT-PCR, yemas, hojas

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades víricas tienen una gran importancia en el sector vitivinícola debido a su impacto en la maduración de la uva, en los rendimientos en vendimia, así como en la salud fisiológica de la planta (Meng et al., 2017). Hasta el momento, se han descrito más de 80 especies de virus cuyo huésped es la vid cultivada (*Vitis vinifera* L.) (Fuchs, 2020). Algunos de esos agentes víricos son de especial importancia por su virulencia, además de su amplia presencia a nivel mundial. A nivel europeo, el virus del entrenudo corto (GFLV) y el virus del mosaico de Arabis (ArMV) del género *Nepovirus*, los virus del entrenudo corto 1 y 3 (GLRaV-1 y -3) del género *Ampelovirus*, y el virus del jaspeado (GFkV) del género *Maculavirus*, son los más importantes y su control está contemplado en la directiva europea.

Dada la obligatoriedad de testar la presencia de virus en plantas de vid, varios trabajos han determinado los tejidos con mayor carga vírica en las diferentes estaciones (Bouyahia et al., 2003; Fiore et al., 2009). Estas pautas pretenden maximizar la probabilidad de detectar la presencia vírica en una planta. Por otro lado, se ha demostrado la ausencia o escasa presencia de virus en regiones apicales, lo que se ha utilizado para la regeneración de plantas libres de virus (Gautheret, 1983; Youssef et al., 2009). Sin embargo, la presencia y carga vírica en tejidos en desarrollo se desconoce, aunque se sabe que es variable dependiendo del tipo de agente vírico considerado.

En este trabajo se ha testado y cuantificado la presencia de los principales agentes víricos en España (GFLV, GFkV, GLRaV-1 y GLRaV-3) tanto en distintos estadios de yemas, como en las hojas en desarrollo de brotes jóvenes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal

Se seleccionaron cinco plantas de *Vitis vinifera* L. cv. Garnacha de la colección de germoplasma de la Universidad Pública de Navarra (Pamplona, Navarra, España) testadas positivas para una sola de estas infecciones virales (GFLV, GFkV, GLRaV-1, o GLRaV-3). En invierno se tomaron sarmientos que se plantaron en macetas, con una mezcla de sustrato de 75 % de turba y 25 % de perlita, y se colocaron en un fitotrón en condiciones controladas (16 h día y 20 ºC de temperatura). En la primera fase, se muestrearon tres yemas procedentes de distintas plantas para cada uno de los estadios: BBCH01 (inicio de la yema), BBCH03 (fin de la yema), BBCH05 (estado de lana) y BBCH07 (inicio de la brotación). En una segunda fase, se permitió el desarrollo de algunos brotes y de sus hojas. Se muestrearon tres brotes, procedente cada uno de ellos de una planta diferente, y las muestras consistieron en una sola hoja desde la punta (S_1) hasta la hoja basal (S_X).

Detección de virus

La presencia viral se determinó por RT-PCR. Para ello, el aislamiento de ARN total se realizó con el kit Spectrum Plant Total RNA (Sigma-Aldrich) y se transcribieron 500 ng (PrimeScript RT Reagent Kit, Takara). Para la amplificación se usaron 10 ng de cDNA, 1x TB Green Premix Ex Taq II (Takara), 0,4 µM de cebadores directos e inversos y 1x ROX en un volumen final de 10 µl. Los cebadores para GFLV (F: TGGAACGGGACCACTATGGA y R: CAGGCGTTCGGTGATATGGA) y GFkV (F: CTGCTGTCTCTAGCTCTCGC y R: GAGGTGTAGGAGGACTCGGT) fueron diseñados en este trabajo, mientras que los cebadores para GLRaV-1 y GLRaV-3 se tomaron de (Osman et al., 2007). La amplificación en tiempo real se llevó a cabo en un termociclador ABI StepOne Plus (Applied Biosystems) con las siguientes condiciones de amplificación: 95 °C durante 5 s; 40 ciclos de 95 °C durante 15 s, 60 °C durante 1 min. La expresión relativa (r) se calculó según el método Pfaffl (Pfaffl, 2001), utilizando la expresión de actina como gen de referencia (Griesser et al., 2018). Como control se utilizó para cada muestra el sarmiento del que provenía. Las diferencias estadísticas entre tejidos se analizaron mediante ANOVA ($p<0,05$) y los grupos se obtuvieron con la prueba de Tukey, mientras que la correlación entre la posición de la hoja y la carga viral se probó con la correlación no paramétrica Tau-b de Kendall.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las muestras de yemas fueron testadas positivas excepto 1/3 de las muestras provenientes de sarmientos infectados por GLRaV-3 en yemas BBCH03, BBCH05 y

BBCH07. Estos resultados confirman que los cuatro virus son capaces de invadir los tejidos de las yemas desde su desarrollo temprano. En cuanto a la carga vírica, la carga de GFLV no mostró diferencias entre el sarmiento, las yemas y las hojas en desarrollo, mientras que la carga fue significativamente menor en yemas y hojas en desarrollo que en sarmientos para los virus GFkV, GLRaV-1 y GLRaV-3 (Fig. 1). La elevada carga de GFLV registrada en yemas (BBCH01-BBCH03) sugiere que su estrategia de movimiento apoplástico, que es la formación de túbulos en los plasmodemos para incrementar su tamaño, es eficaz (Kalasjan et al., 1979; Amari et al., 2010, 2011) lo que se alinea con la dificultad de producir tejidos calloso libre de virus GFLV (Gambino et al., 2010). En cuanto a la presencia viral en las hojas en desarrollo, todas las muestras fueron positivas para el virus correspondiente (GFLV, GFkV, GLRaV-1 y GLRaV-3). Según los cálculos de correlación tau-b de Kendall, la carga viral y la posición de la hoja se correlacionaron significativamente para el virus GFLV (r = 0,036) y GFkV (r = 0,003) (Fig. 2). Esta correlación muestra una mayor carga vírica en hojas más cercanas a la punta (GFLV -0.391, GFkV -0.567), es decir, en las hojas más jóvenes. Previamente, se registró un comportamiento similar en plantas de campo infectadas por GFLV, en las que el gradiente de la carga vírica también aumentaba hacia las hojas apicales (Bouyahia et al., 2003) y aquí confirmamos la misma distribución para GFLV y GFkV. Esta distribución en hojas jóvenes contrasta con la de las hojas más desarrolladas, en las que la carga viral es mayor conforme envejecen.

Los resultados del trabajo destacan la alta capacidad de los virus GFLV, GFkV, GLRaV-1 y -3 para colonizar tejidos en desarrollo, especialmente la del virus GFLV, el cual mostró elevadas cargas del virus en los tejidos más jóvenes.

AGRADECIMIENTOS

Los trabajos presentados en esta comunicación se desarrollaron en el marco de los trabajos del proyecto BEST-FEET, cofinanciado por el Gobierno de Navarra y FEDER.

REFERENCIAS

Amari K., Boutant E., Hofmann C., Schmitt-Keichinger C., Fernandez-Calvino L., Didier P., et al. 2010. A Family of Plasmodesmal Proteins with Receptor-Like Properties for Plant Viral Movement Proteins. PLoS Pathog 6(9): e1001119.

Amari K., Lerich A., Schmitt-Keichinger C., Dolja V.V., Ritzenthaler C. 2011. Tubule-Guided Cell-to-Cell Movement of a Plant Virus Requires Class XI Myosin Motors. PLoS Pathog 7(10): e1002327.

Bouyahia, H., Potere, O., and Boscia, D. 2003. Sampling methodology for the detection of Grapevine fanleaf virus by ELISA. Ext. Abstr. 14th Meet. ICVG, Locorotondo, Italy.

Fiore, N., Prodan, S., and Pino, A.M. 2009. Monitoring grapevine viruses by ELISA and RT-PCR throughout the year. J. Plant Pathol. 91(2):489–93.

Fuchs, M. 2020. Grapevine viruses: a multitude of diverse species with simple but overall poorly adopted management solutions in the vineyard. J. Plant Pathol. 102, 643–653.

Gambino, G., Vallania, R., and Gribaudo, I. 2010. In situ localization of Grapevine fanleaf virus and phloem-restricted viruses in embryogenic callus of *Vitis vinifera*. Eur. J. Plant Pathol. 127, 557–70.

Gautheret, R.J. 1983. Plant tissue culture: A history. Bot. Mag. Tokyo 96, 393–410.

Griesser, M., Martinez, S.C., Eitle, M.W., Warth, B., Andre, C.M., Schuhmacher, R., and

Forneck, A. 2018. The ripening disorder berry shrivel affects anthocyanin biosynthesis and sugar metabolism in Zweigelt grape berries. Planta 247, 471–81.
Kalasjan, J.A., Litvak, L.A., and Marinescu, V.G. 1979. Tubular structures in grapevine tissue after infection with grapevine fanleaf virus. Arch Phytopathol Pflanzenschutz 15, 373–76.
Meng, B., Martelli, G.P., Golino, D.A., and Fuchs, M. 2017. Grapevine viruses: Molecular Biology, Diagnostics and Management (Springer).
Osman F., Leutenegger C., Golino D., Rowhani A. 2007. Real-time RT-PCR (TaqMan) assays for the detection of Grapevine Leafroll associated viruses 1-5 and 9. J Virol Methods. 141(1):22-9.
Pfaffl M.W. 2001. A new mathematical model for relative quantification in real-time RT-PCR. Nucleic Acids Res. 1;29(9):e45.
Youssef, S.A., Al-Dhaher, M.M.A., and Shalaby, A.A. 2009. Elimination of Grapevine fanleaf virus (GFLV) and Grapevine leaf roll-associated virus-1 (GLRaV-1) from Infected Grapevine Plants Using Meristem Tip Culture. Int. J. Virol., 5: 89-99.

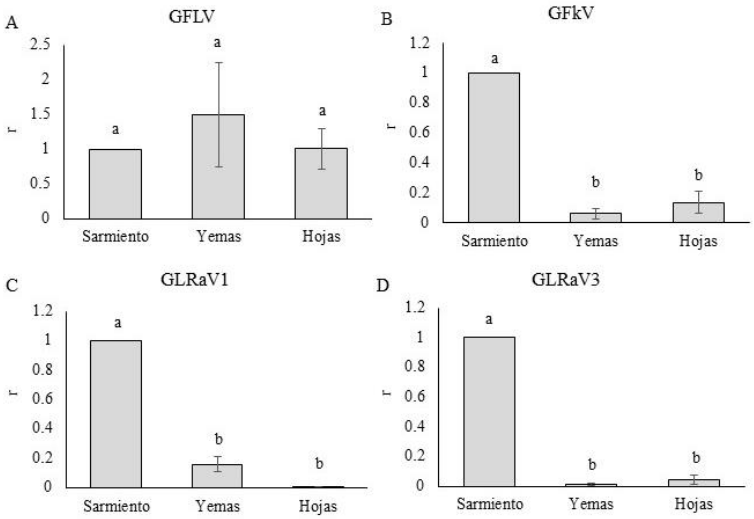


Fig. 1. Contenido relativo (r) de virus en sarmiento, yemas y hojas para A) GFLV, B) GFkV, C) GLRaV-1 y D) GLRaV-3. Las barras representan errores estándar. Las diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas entre tejidos ($p<0,05$).

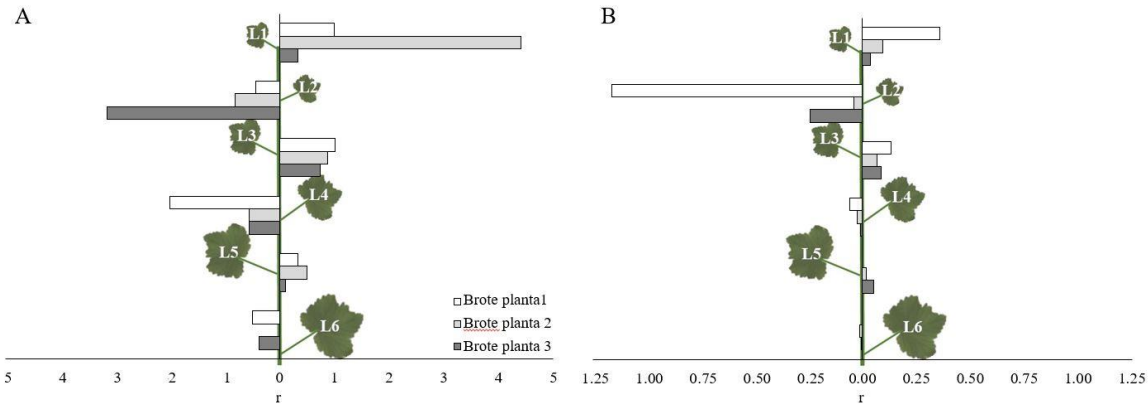


Fig. 2.: Contenido relativo (r) de virus GFLV (A) y GFkV (B) en hojas dependiendo de su posición en el brote (L_1,…,L_8). Los brotes, provenientes de diferentes sarmientos, se han representado por separado.

Influencia del granizo sobre la composición de los vinos de la variedad 'Tempranillo Blanco' en la D.O.Ca. Rioja

Juana Martínez*, Elisa Baroja, Ana Hontañón
Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (Gobierno de La Rioja, Universidad de La Rioja, CSIC)
*Autor: jmartinezg@larioja.org

Resumen

El granizo es un accidente meteorológico que afecta con frecuencia al cultivo del viñedo, siendo la Rioja una zona con alta predisposición a la formación de tormentas. Los daños que puede ocasionar son muy variables, disminuye el rendimiento y modifica la composición de la uva. Los estudios sobre el granizo natural y su influencia en los parámetros de calidad de la uva y el vino son muy escasos. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos del granizo sobre la composición de la uva y el vino en la variedad 'Tempranillo Blanco'. El estudio se realizó en la campaña 2021 en un viñedo de la D.O.Ca. Rioja afectado por una fuerte tormenta con granizo cuando se encontraba en la fase de cuajado. Su incidencia fue muy importante en el lado sur de la espaldera y apenas perceptible en el norte. El estudio se realizó en tres filas y en las mismas cepas, en ambos lados de la espaldera por separado. En el momento de vendimia se evaluaron parámetros agronómicos y se determinó la composición de la uva. Se realizaron microvinificaciones empleando la metodología habitual para la vinificación en blanco. En los vinos elaborados se analizó la composición química y se efectuó la evaluación sensorial. Los resultados obtenidos confirmaron la incidencia del granizo sobre la disminución del rendimiento y la modificación de los parámetros de calidad en la uva y el vino en la variedad 'Tempranillo Blanco'. La acidez total disminuyó y los valores de pH y potasio aumentaron. El contenido de compuestos fenólicos se incrementó significativamente, debido a las condiciones de estrés generadas por el granizo. Por ello, en los vinos aumentaron los parámetros relacionados con el color amarillo (Absorbancia a 420 nm y CIELab b*) y las notas oxidativas, aunque no supusieron un detrimento notable de la calidad sensorial.

Palabras clave: pedrisco, daños, rendimiento, polifenoles, color amarillo, calidad

INTRODUCCIÓN

El granizo es un accidente meteorológico que se produce con frecuencia durante el ciclo vegetativo del viñedo, siendo la Rioja una de las zonas de España con alta predisposición a la formación de tormentas acompañadas de granizo en primavera y verano debido a su orografía. Se trata de un fenómeno natural extremo y complejo que probablemente aumente como consecuencia del cambio climático. En el viñedo sus efectos son variables dependiendo de numerosos factores, relacionados con las condiciones en las que se produce (época del año, intensidad, lluvia y/o viento, tamaño, velocidad...) y con las características propias del viñedo (estado fenológico, variedad, sistema de conducción...) que determinan su susceptibilidad al daño. En los primeros estados vegetativos provoca desde roturas a defoliaciones completas de la cepa y destrucción de inflorescencias. A partir del cuajado, estos efectos cobran aún mayor importancia, ya que pueden producirse roturas y arranque de pámpanos, daños directos en el fruto, pérdida de racimos, y apertura de

heridas que facilitan la entrada de parásitos, con consecuencias que afectan tanto a la cantidad como a la calidad de la cosecha. Asimismo, puede afectar a la capacidad productiva en las cosechas siguientes (Careta et al., 2003).

Los estudios publicados sobre el granizo natural y su influencia sobre los parámetros de calidad de la uva y el vino son muy escasos, y se han realizado en variedades destinadas a uva de mesa (Petoumenou et al., 2019).

El objetivo principal de este trabajo fue evaluar los efectos del granizo sobre el rendimiento y la composición química de la uva y del vino en 'Tempranillo Blanco', variedad originada por mutación somática de cv. Tempranillo Tinto y cultivada exclusivamente en la D.O.Ca. Rioja.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la campaña 2021 en una parcela de la variedad 'Tempranillo Blanco' (*Vitis vinífera* L.) situada en la localidad de Alfaro (La Rioja) a una altitud de 345 m. El viñedo fue plantado en 2009 sobre R-110, con un marco de plantación de 2.80 x 1.20 m, con sistema de conducción en espaldera (poda doble cordón Royat), con orientación de las filas Este-Oeste y riego por goteo.

El viñedo se vio afectado por una fuerte tormenta con granizo el día 18 de junio, en ese momento se encontraba en la fase de cuajado, con bayas en tamaño guisante. Los daños ocasionados fueron muy importantes, estimándose una pérdida de cosecha del 80%. La dirección de la tormenta fue perpendicular a la orientación de la parcela, por ello el granizo afectó de forma intensa al lado sur de la espaldera y sus efectos apenas fueron perceptibles en el lado norte. Al día siguiente se procedió a la aplicación de un tratamiento fitosanitario para favorecer la cicatrización de las heridas y evitar ataques parasitarios. El estudio se realizó en tres filas, en 58 cepas por fila, en ambos lados de la espaldera por separado, considerando la uva procedente del lado norte como control.

En el momento de la vendimia se evaluaron parámetros productivos: kg uva/cepa, nº racimos/cepa, peso del racimo (g) y peso de 100 bayas (g). Se realizaron microvinificaciones de 50-100 kg de uva por tratamiento y repetición, empleando la metodología habitual para la elaboración de vinos blancos (estrujado, prensado y desfangado). La fermentación alcohólica se desarrolló con siembra de levaduras comerciales (Zymaflore X16. Laffort S.L.) a 18 ºC, una vez concluida los vinos se sulfitaron y se estabilizaron en frio.

En la uva se determinó la composición química: grado probable, pH, acidez total ($g \cdot L^{-1}$), ácido tartárico ($g \cdot L^{-1}$), ácido málico ($g \cdot L^{-1}$), potasio ($mg \cdot L^{-1}$) y polifenoles totales (IPT 280 nm). En los vinos elaborados se analizó la composición química general, el color amarillo (Absorbancia (Abs.) a 420 nm y CIELa b *) y los compuestos fenólicos: ácidos hidroxicináimcos (Abs. 320 nm), flavonoles (Abs. 365 nm), taninos, catequinas y polifenoles totales (IPT 280 nm) según métodos oficiales, y se realizó la evaluación sensorial. El estudio estadístico de los resultados se efectuó mediante análisis de varianza (ANOVA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados en relación a los parámetros productivos se exponen en la Tabla 1. La producción media en las 174 cepas estudiadas fue más baja en el lado sur, muy afectado por el granizo, que en la cara norte (control). La producción media total por cepa fue de 2,89 kg,

algo inferior a los 3,44 kg/cepa obtenidos en esta parcela durante el período 2012-2016. El granizo dio lugar a la disminución del peso del racimo y de la baya, así como del número de racimos y de bayas por racimo; y por ello se redujo un 42 % el rendimiento en la cara más afectada. Resultados similares fueron observados por Petoumenou et al. (2019) en 'Thompson Seedless', que indican la destrucción de inflorescencias y la reducción de la fertilidad de los brotes secundarios como posibles causas de dicha disminución.

Tabla 1.- Influencia del granizo sobre los parámetros agronómicos

	Producción (kg/1/2 cepa)	Nº racimos/ 1/2 cepa	Peso racimo (g)	Peso 100 bayas (g)	Nº bayas /racimo
Control	1,84 ± 0,05	12,1 ± 0,43	153 ± 8,50	228 ± 7,26	67 ± 1,99
Granizo	1,05 ± 0,11	10,6 ± 0,41	99 ± 8,54	197 ± 10,38	50 ± 3,62
G.S.	***	*	***	*	**

La composición de la uva mostró importantes diferencias entre las bayas recogidas en el lado muy afectado por el granizo y el considerado control (Tabla 2). El granizo no afectó a la evolución de la maduración, que alcanzó un grado probable elevado y similar en ambos lados de la espaldera, en las fechas habituales para 'Tempranillo Blanco'. Petoumenou et al. (2019) observaron un aumento en la cantidad de sólidos solubles en uvas afectadas por una granizada temprana. Por el contrario, cuando la incidencia del granizo ocurre en el envero da lugar a una paralización, retraso y evolución irregular de la maduración de la uva (Martin, 2005). Los valores de pH, el contenido de potasio y de polifenoles totales aumentaron significativamente debido al granizo. La acidez total y el contenido de ácidos tartárico y málico no mostraron diferencias, aunque los valores medios de acidez total y málico fueron más bajos en las uvas afectadas por el granizo. Estas diferencias podrían explicarse por la modificación del microclima de los racimos y la mayor iluminación.

Tabla 2.- Influencia del granizo sobre la composición de la uva

	Grado prob (% vol)	pH	Ac. Total ($g \cdot L^{-1}$)	Ac. Tartárico ($g \cdot L^{-1}$)	Ac. Málico ($g \cdot L^{-1}$)	Potasio ($mg \cdot L^{-1}$)	IPT 280nm
Control	14,0	3,43	5,76	6,81	2,67	1382	14,71
Granizo	14,3	3,53	5,29	7,04	2,13	1520	22,49
G.S.	ns	***	ns	ns	ns	*	**

El contenido de polifenoles totales aumentó significativamente por efecto del granizo. Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios implicados en la protección de las plantas frente a factores bióticos y abióticos (radiación UV, temperatura, heridas, patógenos…). Se sintetizan durante el periodo herbáceo del desarrollo de las bayas entre el cuajado y el envero, y se incrementan en la maduración. Su acumulación en las bayas está influenciada por el genotipo y su interacción con el ambiente. La luz estimula la síntesis de los fenoles que se localizan en el hollejo (flavonoides y estilbenos), debido a su papel fotoprotector (Castellarin et al., 2012). Los compuestos fenólicos contribuyen a los atributos sensoriales de los vinos y tienen efectos beneficiosos en la salud humana.

En los vinos se observaron más diferencias que en la uva. Los vinos elaborados con la uva afectada por el granizo presentaron valores más bajos de acidez total y más elevados de pH y potasio (datos no mostrados). Asimismo, en estos vinos los parámetros relacionados con el color amarillo (Abs. a 420 nm y CIELab b*), el contenido de ácidos hidroxicinámicos (Abs. a 320 nm), flavonoles (Abs. A 365 nm), taninos, catequinas y polifenoles totales (IPT 280 nm) fueron más elevados que en los vinos control. El contenido fenólico total, y el de las diferentes familias químicas se incrementó notablemente debido al granizo, y como consecuencia, los vinos presentaron un color con más tonalidad amarilla.

Tabla 3.- Influencia del granizo sobre el color y la composición fenólica del vino

	Abs. 420 nm	CIELab b*	Ac. Hidroxicinamic. (Abs 320 nm)	Flavanoles (Abs. 365 nm	Taninos ($g.L^{-1}$)	Catequinas ($mg.L^{-1}$)	IPT 280nm
Control	0,067	4,09	7,85	0,980	0,145	54,6	8,17
Granizo	0,086	5,33	8,78	1,187	0,307	104,9	10,77
G.S.	*	**	***	*	**	*	**

En la evaluación sensorial de los vinos (datos nos mostrados) no se apreciaron diferencias significativas, aunque fueron ligeramente preferidos los vinos control debido a su mayor intensidad de aromas afrutados y florales y a la menor presencia de notas de oxidación.

Los resultados obtenidos pueden considerarse de gran interés ante la ausencia de estudios sobre el tema, ya que aportan información sobre la incidencia del granizo en una fase temprana del ciclo (cuajado) sobre la disminución del rendimiento y la modificación de los parámetros de calidad de la uva y el vino en la variedad 'Tempranillo Blanco'. La acidez total disminuyó y los valores de pH y potasio aumentaron. Los compuestos fenólicos se incrementaron significativamente, debido a las condiciones de estrés generadas por el granizo. Por ello, en los vinos aumentaron los parámetros relacionados con el color amarillo y las notas oxidativas, aunque no supusieron un detrimento notable de la calidad sensorial.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por el Gobierno de La Rioja (PR-11-21), y cofinanciado al 50% con Fondos FEDER (Programa Operativo FEDER de La Rioja 2021-2027).

REFERENCIAS

Caretta, A., Salcedo, C. y Ortiz, A. 2003. Daños por granizo en vid: su secuela en futuras cosechas. Rev. FCA UNCuyo, Tomo XXXV, 1: 83-88.

Martínez, M. 2005. Evolución de un viñedo afectado por el granizo. Cuaderno de Campo, 30: 30-34.

Petoumenou, D., Biniari, K., Xyrafis, E., Mavronasios, D., Daskalakis, I. y Palliotti, A. 2019. Effects of natural hail on the growth, phyiological characteristics, yield, and quality of *Vitis vinífera* L. cv. Thompsom seedless under maditerranean growing conditions. Agronomy, 9, 197: 1-15.

Castellarin,S.D., Bavaresco, L., Falginella, L., Gonçalves, M.I.V.Z. y Gaspero, G. 2012. Phenolics in grape berry and key antioxidants, p. 89-110. In: H. Gerós, M. Chaves and S. Delrot (eds.), The biochemistry of the grape berry.

Posible ventaja adaptativa de un clon velloso de Monastrell en condiciones de estrés ambiental

P. Botía*, J.M. Navarro, E.I. Morote, F.M. Hernández, E. Arques, J.A. Palazón, y P. Romero

Equipo de Riego y Fisiología del Estrés. Departamento de Bioeconomía, Agua y Medioambiente. IMIDA, C/Mayor s/n, 30150, La Alberca, Murcia

* *P. Botía*: pablo.botia@carm.es*

Resumen

En el marco de búsqueda de material genético autóctono en zonas semiáridas mejor adaptadas al cambio climático se aportan resultados preliminares de un estudio realizado sobre un clon tradicional de Monastrell, caracterizado por una abundante vellosidad en la superficie de sus hojas, para tratar de conocer si dicha característica podría suponer una ventaja adaptativa ante condiciones de estrés ambiental, respecto a otros clones con menor vellosidad. La vellosidad de color blanco (altamente reflectante), podría proporcionar un mecanismo de refrigeración en condiciones de elevada radiación y temperatura, disipando la energía incidente. Durante varios días próximos a envero, se ubicaron simultáneamente en cepas de un clon tradicional velloso y otro comercial sobre el mismo portainjerto (140Ru), y en hojas diferentes totalmente expuestas, pares de termorradiómetros y estaciones microclimáticas (con sensores de Temperatura, humedad relativa y radiación), realizando medidas en continuo de Tª foliar así como de su microclima circundante. Se evaluó el grado de estrés diario (SDD, considerando la Tª foliar medida con termorradiómetro y la Tª del microclima circundante cuando ésta fue máxima). Para cada clon, se evaluó la relación de SDD con el déficit de presión de vapor (DPV) y la radiación del microclima circundante. Los resultados preliminares parecen indicar que el clon velloso se ve menos afectado por la radiación incidente, aunque el clon comercial muestra una mayor capacidad de regulación. En cambio, respecto al DPV, ocurre lo contrario, mostrando el clon velloso una mayor capacidad de regulación, siendo menos afectado el clon comercial respecto a este parámetro. Aunque los resultados no son concluyentes y es necesario realizar más estudios que tengan en cuenta otros parámetros, se aprecian indicios de que la vellosidad de las hojas puede jugar un papel importante en condiciones de estrés ambiental.

Palabras clave: Temperatura foliar, grado de estrés diario, 140Ru.

INTRODUCCIÓN

Como una medida de adaptación al nuevo escenario climático, la viticultura va a tener que llevar a cabo una serie de cambios y ajustes profundos en su sistema de producción tradicional incluyendo como medida de adaptación a medio y largo plazo la sustitución del material vegetal, por distintas variedades de vid o por distintos clones de la misma variedad, ambos seleccionados por su mejor tolerancia a las nuevas condiciones climáticas.

La prospección, recuperación y caracterización de variedades de vid alternativas se presenta como una interesante opción para aumentar la diversidad de nuestros viñedos y poder afrontar las amenazas del cambio climático.

En relación a la variedad Monastrell, que es autóctona del Levante español y la

variedad más ampliamente extendida en el sureste, no solo posee un contrastado potencial enológico, sino que se encuentra bien adaptada a estos climas rigurosos y secos de altas temperaturas y ciclos de sequía recurrentes desde antaño, disponiendo aún en la actualidad de clones ancestrales con estas características que pueden ponerse en valor en el nuevo contexto de cambio climático. Dentro de esta colección de clones ancestrales y autóctonos de Monastrell se dispone de uno en particular que presenta la peculiaridad de poseer una vellosidad en sus hojas singularmente elevada en comparación a otros clones. Dicha característica podría suponer una ventaja adaptativa ante condiciones de estrés ambiental, respecto a otros clones con menor vellosidad. La vellosidad de color blanco (altamente reflectante), podría proporcionar un mecanismo de refrigeración en condiciones de elevada radiación y temperatura, disipando la energía incidente.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en una parcela experimental de viñedo (*Vitis vinífera* L. var. Monastrell) en Cehegín (Murcia) en las condiciones semiáridas del sudeste español. Se utilizaron dos clones de la variedad Monastrell injertados sobre el mismo portainjerto (140Ru): un clon comercial de 4 años de edad, y un clon local tradicional de Monastrell injertado un año más tarde (clon 'velloso', así denominado por la elevada vellosidad en la superficie de sus hojas) (Figura 1). El ensayo se llevó a cabo en condiciones de riego deficitario controlado.

Durante varios días próximos a envero, se ubicaron simultáneamente en cepas del clon tradicional velloso y del comercial, y en hojas diferentes totalmente expuestas, pares de termorradiómetros (SI-131, Apogee Instruments INC., UTAH, USA) y estaciones microclimáticas, constituidas de sensores de temperatura, humedad relativa e intensidad luminosa (HOBO U12-013, Onset Computer Corporation, Massachusetts, USA), realizando medidas en continuo de temperatura foliar así como del microclima circundante. Se determinó el grado de estrés diario, SDD (`stress degree day´, Jackson, et al. 1981), como indicador del estado hídrico de la planta, considerando la temperatura foliar medida con termorradiómetro y la temperatura del microclima en su entorno cuando ésta fue máxima). Para cada clon, se evaluó la relación de SDD con el déficit de presión de vapor (DPV) y la intensidad luminosa del microclima circundante.

En ambos clones se realizaron medidas de crecimiento (nº de sarmientos, longitud de brote y área foliar total), y parámetros de intercambio gaseoso (Li-6400, Li-Cor, Lincoln, Nebraska, USA) en pre-envero (finales de julio).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ambos clones presentaron valores medios de crecimiento y valores de parámetros de intercambio gaseoso medidos a primera hora de la mañana durante pre-envero, similares, no presentando diferencias significativas entre ellos (Tabla 1). Aunque sí se aprecian, para el clon comercial, valores ligeramente más altos de crecimiento (longitud de pámpanos y área foliar total) y ligeramente inferiores de fotosíntesis neta (*A)*, transpiración *(E) y* conductancia estomática *(g_s),* que en el clon tradicional velloso, probablemente debido a que eran ligeramente más jóvenes. Por otra parte, los resultados obtenidos de temperatura foliar media y máxima diaria realizadas con termorradiómetro durante varios días a lo largo del experimento, fueron similares en ambos clones, apreciándose solamente en el momento de máxima Tª del microclima en cada clon,

temperaturas foliares ligeramente más bajas (en torno a 1°C) en el clon tradicional velloso que en el comercial (31,97 °C frente a 33,05 °C en velloso y comercial respectivamente). Si bien, dichas diferencias no fueron estadísticamente significativas, sí parecen indicar una tendencia del clon tradicional velloso a propiciar una Tª foliar más favorables en condiciones adversas, aunque tampoco se observaron diferencias significativas entre clones respecto al grado de estrés diario (SDD) medio a lo largo del periodo experimental (Tabla 1).

Por su parte, las relaciones de SDD frente al DPV y radiación media diaria del microclima circundante en ambos clones (expresada como intensidad lumínica), pusieron de manifiesto comportamientos diferentes en ambos clones (Figura 2). Así, mientras el clon tradicional velloso mostró una relación negativa y altamente significativa (r=0,8914***) entre SDD y el DPV, denotando un grado de regulación importante a las variaciones medias diarias de DPV, siendo capaz de mantener mejor su temperatura interna a valores altos de DPV y por tanto un grado de estrés hídrico diario menor; el clon comercial no presentó dicha relación (r=0,0426 ns), indicando la menor afectación del grado de estrés diario (SDD) a los cambios de DPV (Figura 2 A), manteniendo un nivel de estrés elevado y similar, al aumentar el DPV.

Sin embargo, atendiendo a la relación de SDD experimentado por cada clon, con la radiación media diaria en su microclima circundante la cual fue negativa y altamente significativa en ambos casos (r = 0,85*** y r = 0,81***, para el clon velloso y comercial respectivamente), el grado de estrés diario del clon tradicional velloso, fue el que pareció verse menos afectado por la radiación (pendiente menos negativa, aunque no lo fue estadísticamente), y el clon comercial el que pareció mostrar, en cambio ahora, una mayor capacidad de regulación respecto a este parámetro (Figura 2 B), propiciando para una misma radiación, valores inferiores de estrés (SDD más negativo).

Aunque no está claro que comportamiento sería más eficaz para adaptarse de manera más eficiente a condiciones de estrés ambiental, ya que ambas estrategias proporcionarían beneficios a priori relevantes, y aunque los resultados preliminares aquí presentados no son concluyentes, siendo necesario realizar más estudios que tengan en cuenta periodos más largos de estudio y otros parámetros, se aprecian indicios de que la vellosidad de las hojas puede jugar un papel importante en condiciones de estrés ambiental. Ambas estrategias proporcionarían beneficios a priori relevantes en cuanto al comportamiento para adaptarse de manera eficiente a condiciones de estrés ambiental. Aunque los resultados que se presentan son preliminares y no son concluyentes, se aprecian indicios de que la vellosidad de las hojas puede jugar un papel importante en condiciones de estrés ambiental. Pero son necesarios más estudios que tengan en cuenta periodos más largos así como otros parámetros.

No está claro que la vellosidad de las hojas del clon tradicional velloso, contribuya directamente, a una disminución de la temperatura foliar, pero podría ser el responsable de una menor afectación de la radiación, y/o contribuir a una posible mejor regulación al DPV circundante que otros clones que se comercializan hoy en día.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto AGL2017-83738-C3-2-R del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y por el proyecto FEDER 1420-24 (programa operativo de la Región de Murcia 2014-2020), cofinanciado al 80% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional.

REFERENCIAS

Jackson, R.D., Idso, S.B., Reginato, R.J. y Pinter, Jr., P.J. (1981). Canopy temperature as a crop water stress indicator. Water Resources Research, Vol 17, 4: 1133-1138.



Figura 1. Detalle de la superficie foliar de los clones de Monastrell tradicional velloso (izquierda) y comercial (derecha), utilizadas en este estudio.

Tabla 1. Parámetros fisiológicos en plantas de un clon tradicional de Monastrell 'velloso' y otro comercial durante el periodo de pre-envero.

Parámetro	**Clon**		
Crecimiento	**Comercial**	**Tradicional Velloso**	**ANOVA**
Número pámpanos	11,38	12,80	ns
Longitud de pámpanos (cm)	115,83	107,47	ns
Area foliar total (m^2)	3,97	3,66	ns
Parámetros de intercambio gaseoso			
Fotosíntesis neta (A) (µmol m^{-2} s^{-1})	15,83	18,88	ns
Conductancia estomática (g_s) (mol m^{-2} s^{-1})	0,19	0,25	ns
Transpiración (E)	4,41	5,70	ns
A/gs (µmol mol^{-1})	88,02	76,08	ns
A/E (µmol $mmol^{-1}$)	3,64	3,32	ns
Temperatura foliar			
*Tf máxima diaria (°C)	34,75	34,61	ns
*Tf media diaria (°C)	23,48	23,60	ns
*Tf cuando Ta microclima es máxima (°C)	33,05	31,97	ns
Grado de estrés diario (SDD) (°C)	-5,73	-5,25	ns

*'ns' indica diferencias no significativas a P<0.05. *Tf, T^a foliar medida con termorradiómetro.*

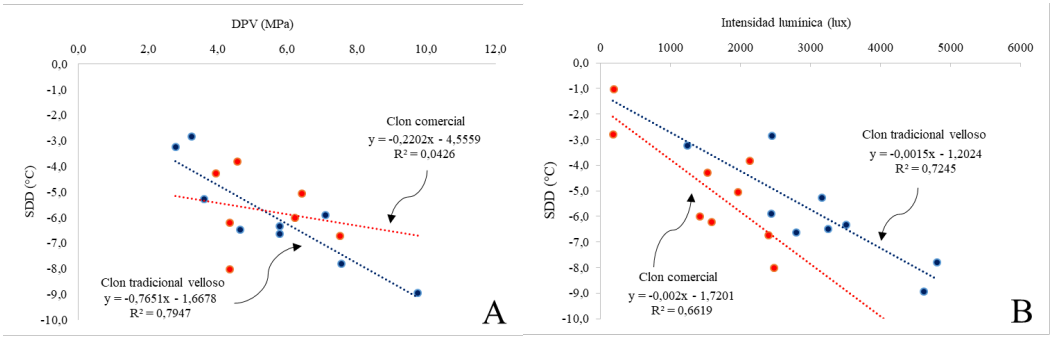


Figura 2. Relación entre el grado de estrés diario (SDD) y el déficit de presión de vapor medio diario (A) y la intensidad luminosa media diaria (B), para dos clones diferentes de Monastrell (comercial, en rojo y tradicional velloso en azul), durante varios días previos a envero. Cada punto representa la medida correspondiente a un día para cada uno de los clones estudiados.

SESIÓN 3. Manejo del viñedo

Aplicación de riego deficitario en distintas fases del ciclo vegetativo en cv. Verdejo en la D.O. Rueda: efectos agronómicos y cualitativos

Jesús Yuste* y Daniel Martínez-Porro

Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. Ctra. Burgos km 119, 47071 Valladolid
*E-mail: yusbomje@itacyl.es

Resumen

La necesidad de riego en condiciones de clima seco es evidente en muchas zonas de España, para evitar la reducción severa del rendimiento en uva. Sin embargo, las consecuencias del riego varían según las condiciones medioambientales y la variedad. El riego ha sido mucho menos estudiado en variedades blancas que en tintas, por lo que conviene propulsarlo, con el objetivo de regularizar la producción y mejorar la calidad de la uva blanca, incluyendo la aplicación del riego en diversas fases del periodo estival.

Durante el periodo 2015-2018 se estudió la aplicación de riego deficitario a través de los siguientes tratamientos experimentales: secano (R0), riego de 30% ETo (R1) desde inicio de envero y riego de 30% ET_o (R2) desde el estado de tamaño guisante, en ambos casos hasta vendimia. El ensayo se llevó a cabo con cv. Verdejo sobre portainjerto 110R, conducido en espaldera, en un viñedo situado en la D.O. Rueda, para evaluar su respuesta agronómica y cualitativa a la aplicación de riego en dos fases distintas del verano.

La respuesta productiva y vegetativa fue creciente con la cantidad de agua aplicada, con aumentos entre el 19 y el 25% en rendimiento y en torno al 16% en madera de poda entre tratamientos. El aumento de producción se debió al incremento del peso del racimo, debido mayormente al peso de baya, y, en menor medida, al número de racimos por cepa. El peso del sarmiento fue el factor responsable del aumento del peso de madera de poda. El riego tendió a reducir la concentración de azúcares y ligeramente la de ácido tartárico, de modo progresivo con la cantidad de agua aplicada, así como el pH y la concentración de potasio. Por el contrario, el tratamiento R2 provocó el aumento del ácido málico, mientras que la acidez titulable aumentó muy levemente de R0 a R1 y de R1 a R2. Así, el riego deficitario ralentizó el proceso de maduración de la uva del cv. Verdejo.

Palabras clave: acidez, azúcares, madera de poda, producción, uva.

INTRODUCCIÓN

La limitación hídrica en condiciones de clima árido o semiárido, con pluviometría anual inferior a 400 mm, escasa sobre todo en la época estival, conlleva la necesidad de aplicación de riego para moderar el estrés hídrico que sufre el viñedo (Yuste et al. 2016). Es ampliamente conocido que el crecimiento del viñedo es muy sensible al déficit hídrico (Keller et al. 2008) y que dicho déficit hídrico también puede reducir la acumulación de azúcar en la baya durante la maduración (Santesteban et al. 2011).

El aumento de la dosis de agua aplicada mediante riego incrementa generalmente el rendimiento, pero puede tener un efecto negativo sobre la calidad de la uva, principalmente debido a pérdida de color, a bajo contenido en azúcar y a desequilibrios en la acidez (Martínez de Toda 2007). Aunque en general el riego permite aumentar el rendimiento del

viñedo, el riego deficitario en determinadas épocas se ha sugerido como estrategia para mejorar la calidad de la uva (McCarthy et al. 2000). En este sentido, el riego deficitario controlado ofrece la posibilidad de reducción del vigor, tratando de estabilizar la producción y promoviendo la calidad de la uva, a través del incremento de la eficiencia en el uso del agua (Baeza et al. 2007).

El riego deficitario controlado persigue el mantenimiento de las plantas bajo cierto grado de estrés hídrico en algún periodo del ciclo productivo, con el objetivo de controlar el crecimiento vegetativo y de la baya (McCarthy et al. 2000). Este periodo se suele plantear a partir del cuajado, época en la cual el agua disponible en el suelo empieza a escasear en muchas zonas semiáridas. Esta situación permite considerar la restricción del riego hasta dicha época como una posible estrategia de riego deficitario, para iniciar dicho riego una vez que el crecimiento del pámpano principal haya parado, con el objetivo de que el riego ayude a mantener una actividad fisiológica adecuada que facilite la síntesis de azúcar y su translocación a las bayas (McCarthy et al. 2000).

El efecto del estrés hídrico durante el periodo herbáceo en el desarrollo de la baya, que ha sido descrito para diversas variedades y condiciones (Girona et al. 2009), ha mostrado una menor síntesis de los ácidos málico y tartárico y una menor tasa de asimilación, así como un mayor consumo de ácido málico (De Souza et al. 2005). Asimismo, se ha detectado un efecto de reducción del rendimiento en ciertas situaciones (Alburquerque et al. 2016), debido en muchos casos a su acción inhibidora en la diferenciación del racimo según las condiciones de cultivo (Santesteban et al. 2011).

Habiendo sido el riego poco estudiado en la variedad blanca Verdejo, resulta conveniente estudiar la aplicación de riego deficitario, por un lado, desde la fase inicial de crecimiento herbáceo de la baya, y por otro lado retrasando su comienzo hasta el inicio del envero. Así, se planteó un ensayo con dicha variedad en la D.O. Rueda, en el centro del valle del río Duero, con el objetivo de evaluar los efectos vegetativos, productivos y, particularmente, cualitativos, como aspectos básicos para optimizar el manejo del viñedo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante el periodo 2015-2018 en Medina del Campo (Valladolid), en un viñedo del Grupo Yllera S.L., dentro de la D.O. Rueda. Las coordenadas del ensayo son 41º21'02''N y 4º56'16''O. Las cepas, plantadas en 2006, son del cv. Verdejo, injertadas sobre portainjerto 110R. El marco de plantación es de 2,60 m x 1,25 m (3.077 cepas/ha). El suelo del ensayo es profundo, con un horizonte superior de textura arcillosa, y presenta una suave pendiente en dirección Este-Oeste y un buen drenaje en general.

Las cepas fueron conducidas en espaldera, con formación en cordón Royat bilateral y posicionamiento vertical de la vegetación (VSP), y orientación de filas NNO (N-25º). La carga de poda fue de 16 yemas/cepa, en pulgares de 2 yemas. Se aplicó poda en verde cada año, tras el período de riesgo de helada primaveral, para el ajuste de la carga de pámpanos.

El ensayo experimental abarca la aplicación de riego deficitario en dos fases, a través de los siguientes tratamientos experimentales: secano (R0), 30% ETo a partir del envero (R1) hasta vendimia y riego 30% ET_o a partir del estado de tamaño guisante (R2) hasta vendimia. El diseño consiste en 4 bloques al azar, con parcela elemental de 20 cepas de control (en 2 filas adyacentes), rodeadas a su vez por una fila a cada lado para efecto borde.

Se midieron el rendimiento en uva (kg/cepa), el número de racimos por cepa y el peso de baya (g). También se determinó el peso de madera de poda (g/cepa) y el número de sarmientos por cepa, obteniendo después el Índice de Ravaz, así como los índices de área

foliar total (LAI) y de superficie foliar externa (SA). Como parámetros de la uva, se midieron los sólidos solubles totales (ºBrix), el pH, la acidez total ($g \cdot L^{-1}$ de ácido tartárico), el ácido tartárico ($g \cdot L^{-1}$), el ácido málico ($g.L^{-1}$) y el potasio ($mg \cdot L^{-1}$) del mosto en vendimia.

El análisis estadístico de los resultados se realizó mediante análisis de varianza (ANOVA), con el programa SPSS 16.0. Los datos termopluviométricos del periodo 2015-2018 se recogen en las tablas 1 a 5.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de uva (tabla 6). El rendimiento fue acorde con la cantidad de agua de cada tratamiento, mostrando diferencias estadísticamente significativas mayormente entre el tratamiento R2 y el R0 (secano), con incrementos medios del 25% del R1 con respecto al secano (R0) y del 19% del R2 con respecto al R1. Las diferencias en producción fueron fundamentalmente debidas al peso de racimo, que mostró similares diferencias estadísticamente significativas entre los diversos tratamientos, en correlación positiva con la cantidad de agua aplicada, con incrementos medios del 13% entre el R1 y el secano y del 15% entre el R2 y el R1. El número de racimos por cepa contribuyó parcialmente a las diferencias de rendimiento entre tratamientos, sobre todo entre los regados y el secano en 2015 y 2018, ya que éste mostró un valor medio de 23 racimos por cepa frente a 25,2 del R1 y 26,1 del R2, resultando estadísticamente significativas las diferencias entre R2 y R0.

Las diferencias en peso de racimo se debieron mayormente al peso de baya, con incrementos medios del 8% del R1 con respecto al secano y del 9% del R2 con respecto al R1, correspondiéndose con diferencias significativas de forma similar a las del peso del racimo. El número de bayas del racimo contribuyó parcialmente a las diferencias en el peso de racimo en 2016 y 2018, pero las diferencias entre tratamientos no resultaron estadísticamente significativas en general a lo largo de los años, resultando finalmente un incremento medio del 4% entre los tratamientos R1 y R0 y del 5% entre el R2 y el R1.

Desarrollo vegetativo (tabla 7). La superficie foliar total se vio claramente incrementada como consecuencia del riego, pasando el índice LAI de una media de 1,65 en el secano a 1,90 en el R1 y a 2,00 en el R2, o sea aumentando un 15% y un 6% respectivamente, aunque las diferencias no resultasen estadísticamente significativas en el 2º ni en el 3er año. La superficie foliar externa (SA) también aumentó con el riego, aproximadamente un 10% de media interanual al pasar del secano a los tratamientos regados, con escasa diferencia entre R2 y R1, resultando las diferencias estadísticamente significativas sólo el primer año.

Se observó una tendencia creciente del peso de madera de poda correspondiente a la cantidad de agua recibida por cada tratamiento, con incrementos medios interanuales del 17% entre el tratamiento R1 y el secano (R0) y del 15% entre el R2 y el R1, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas los dos últimos años. El peso del sarmiento fue responsable de las citadas diferencias, con incrementos medios del 15% del R1 con respecto al secano y del 14% del R2 con respecto al R1, puesto que el número de sarmientos por cepa no mostró prácticamente diferencias entre tratamientos, con valores entre 15,2, en secano, y 15,6 en R2. Las diferencias en el peso de sarmiento sólo alcanzaron significación estadística el primer año, a pesar de la tendencia constante de incremento generada con la cantidad de agua aplicada. Tanto los valores del peso de madera de poda como del peso de sarmiento fueron muy variables dependiendo del año, tal que variaron entre menos de 480 y más de 700 g/cepa y entre menos de 32 y más de 49 g/sarmiento respectivamente para el conjunto de los tratamientos según el año.

El Índice de Ravaz aumentó ligeramente, de forma creciente con la aportación hídrica, aunque las diferencias no resultaron estadísticamente significativas en general, siendo más notables y discriminantes entre los diversos tratamientos en el segundo año y mucho menos discriminantes en el primer año. En todo caso, los valores se mantuvieron entre 5 y 7, o sea, en niveles considerados adecuados para lograr uva de calidad (Martínez de Toda 2007).

Composición básica de la uva (Tabla 8). La influencia del régimen hídrico en la composición de la uva fue variable a lo largo de los años de estudio. La concentración de sólidos solubles mostró una tendencia a la disminución con la cantidad de agua recibida, con diferencias que resultaron estadísticamente significativas los dos primeros años, sobre todo el segundo año, en que la diferencia entre R0 y R2 fue de 2 ºBrix. Aunque el tercer año la tendencia se invirtió a favor de R2, el incremento medio interanual en el secano (R0) fue de 0,7 ºBrix con respecto al R2, situándose el tratamiento R1 en una posición intermedia.

El pH mostró una tendencia a presentar un nivel ligeramente más alto en secano que en los tratamientos regados, aunque las diferencias sólo resultaron estadísticamente significativas en la mitad de los años y la variación media no alcanzó 0,1 unidades de pH. La acidez titulable no mostró una tendencia constante, con variaciones dependientes del año que dieron lugar a valores medios ligeramente crecientes con la cantidad de agua aplicada, pero de muy escasa cuantía. El ácido tartárico mostró valores ligeramente inferiores al aumentar la cantidad de agua aportada, aunque las diferencias entre tratamientos solo fueran estadísticamente significativas en alguno de los años. Por el contrario, el ácido málico presentó valores significativamente más altos en el tratamiento R2, con variaciones de tendencia entre R1 y el secano, dando como resultado medio interanual un valor similar entre ambos, inferior al del tratamiento más regado, R2. La concentración de K en el mosto fue significativamente mayor en secano que en los tratamientos regados, sin apenas diferencias entre ambos, excepto en el segundo año en que el R1 mostró un valor ligeramente mayor que el secano, de manera que la media interanual del tratamiento en secano superó en unos 75 mg/L a los tratamientos regados.

En resumen, el rendimiento respondió positivamente a la cantidad de agua aplicada, con aumento medio del 25% del tratamiento R1 con respecto al secano (R0) y del 19% del R2 con respecto al R1, debido fundamentalmente al aumento del peso del racimo, en torno al 14%, entre cada par de tratamientos de la serie R0, R1 y R2, aunque el número de racimos/cepa también contribuyó al aumento del rendimiento. El aumento del peso del racimo se debió mayormente al del peso de baya, en torno al 9% entre cada par de tratamientos, aunque el número de bayas del racimo también aumentó ligeramente con la cantidad de agua.

El desarrollo vegetativo de las cepas fue creciente con la cantidad de riego aplicada, aumentando tanto la superficie foliar, una media en torno al 10%, como el peso de madera de poda, una media entre cada dos tratamientos del 16%, debido al aumento del peso del sarmiento, un 15%, dentro de un rango de valores de ambos parámetros moderados.

La composición de la uva se vio afectada de forma variable cada año por el régimen hídrico. La aplicación de riego tendió a reducir la concentración de azúcares y ligeramente de ácido tartárico, de modo progresivo con la cantidad de agua aplicada, así como el pH y la concentración de potasio. Por el contrario, el tratamiento R2, más regado, provocó el aumento del ácido málico respecto a los otros tratamientos, mientras que la acidez titulable aumentó muy levemente en términos interanuales con la cantidad de agua aplicada. En definitiva, el riego deficitario ralentizó el proceso de maduración de la uva del cv. Verdejo,

generando diferencias cuantitativas y cualitativas según la fase de aplicación.

AGRADECIMIENTOS
A la financiación de proyecto RTA2014-00049-C05-01, proyecto PID2019-105039RR-C42 y fondos FEDER –Junta de Castilla y León- y la colaboración de A. Vicente, la Estación Enológica del ITACYL y el Grupo Yllera.

REFERENCIAS

Alburquerque, M.V., Yuste, R. y Yuste, J. 2016. Influencia de la dosis de riego en Tempranillo en el valle del Duero: fisiología, superficie foliar, productividad y calidad de la uva. La Semana Vitivinícola 3476: 1334-1340.

Baeza, P., Sánchez de Miguel, P., Centeno, A., Junquera, P., Linares, R. y Lissarrague, J. 2007. Water relations between leaf water potential, photosynthesis and agronomic vine response as a tool for establishing thresholds in irrigation scheduling. Sci. Hort. 114: 151-158.

De Souza, C.R., Maroco, J.P., Dos Santos, T.P., Rodrigues, M.L., Lopes, C., Pereira, J.P. y Chaves, M.M. 2005. Control of stomatal conductance and carbon uptake by deficit irrigation in two grapevine cultivars. Agric. Ecos. Environ. 106: 261-264.

Girona, J., Marsal, J., Mata, M., Del Campo, J. y Basile, B. 2009. Phenological sensitivity of berry growth and composition of Tempranillo grapevines (*Vitis vinifera* L.) to water stress. Aust. J. Grape Wine Res. 15: 268–277.

Keller, M., Smithyman, R.P. y Mills, L.J. 2008. Interactive effects of deficit irrigation and crop load on Cabernet Sauvignon in an arid climate. Am. J. Enol. Vitic. 59: 221–234.

Martínez de Toda, F. 2007. Claves de la viticultura de calidad. Nuevas técnicas de estimación y control de la calidad de la uva en el viñedo. 214 p. Mundi-Prensa, Madrid.

McCarthy, M.G., Loveys, B.R., Dry, P.R. y Stoll, M. 2000. Regulated déficit irrigation and partial rootzone drying as irrigation management techniques for grapevines. Deficit irrigation practices. FAO Water Reports No. 22. p.: 79–87.

Santesteban, L.G., Miranda, C. y Royo, J.B. 2011. Regulated deficit irrigation effects on growth, yield, grape quality and individual anthocyanin composition in *Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo. Agric. Water Manag. 98: 1171-1179.

Yuste, J., Rubio, J.A. y Alburquerque, M.V. 2016. Relación entre el contenido de agua en el suelo y el estado hídrico del viñedo: uso de estimadores hídricos para optimizar la eficacia del riego. Vida Rural 415: 64-70.

Tabla 1. Datos meteorológicos de la campaña 2015 (octubre-2014 /septiembre-2015), registrados en Medina del Campo (Valladolid). Temperatura media, Tm (ºC); Temperatura máxima (media de máximas), Tmax (ºC); Temperatura mínima (media de mínimas), Tmin (ºC) y Precipitación, P (mm), para todas las tablas.

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Año
T_m	15,7	9,4	3,7	1,6	4,1	8,6	11,9	16,4	20,7	24,4	21,7	16,6	12,9
T_{max}	22,7	13,4	7,8	6,5	9,2	15,7	18,4	24,0	28,5	32,9	29,8	24,4	19,4
T_{min}	10,2	5,9	0,2	-2,3	-0,2	1,7	5,8	8,3	13,2	15,8	13,9	9,5	6,8
P	14,1	47,4	15,9	25,7	10,3	4,6	43,5	10,1	46,9	3,9	6,8	11,1	240,3

Tabla 2. Datos termo-pluviométricos de la campaña 2016 (octubre-2015 / septiembre-2016).

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Año
T_m	13,1	8,0	5,8	6,3	5,8	6,3	9,3	13,7	19,7	23,5	22,9	19,1	12,8
T_{max}	19,0	13,1	10,9	10,0	10,6	12,4	15,1	19,9	27,3	32,0	31,5	27,2	19,1
T_{min}	7,8	3,9	1,8	3,0	1,7	1,0	4,2	7,8	11,6	14,9	14,2	11,2	6,9
P	50,9	48,0	20,3	33,9	36,3	34,9	44,5	48,7	0,1	0,1	0,0	0,0	317,6

Tabla 3. Datos meteorológicos de la campaña 2017 (octubre-2016 / septiembre-2017).

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Año
T_m	13,7	7,2	3,9	2,7	7,0	9,1	12,9	17,0	22,7	22,6	22,1	17,6	13,2
T_{max}	21,1	12,2	7,8	9,2	12,7	16,4	21,2	24,3	30,7	30,7	30,7	26,0	20,3
T_{min}	7,6	2,6	1,0	-2,4	2,0	2,4	4,1	9,2	14,4	14,0	13,3	9,3	6,5
P	18,1	33,0	11,5	3,1	12,1	0,6	0,7	39,8	5,5	31,3	11,7	0,0	167,4

Tabla 4. Datos meteorológicos de la campaña 2018 (octubre-2017 / septiembre-2018).

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Año
T_m	14,9	6,05	3,63	4,2	3,5	6,6	11,2	14,2	18,5	21,9	23,0	20,6	12.4
T_{max}	24,4	13,9	8,9	9,1	9,4	11,1	17,1	20,6	25,4	29,8	32,1	29,4	19,3
T_{min}	6,1	-0,5	-0,7	0,1	-1,9	2,7	5,7	8,1	12,4	13,7	13,8	12,1	6,0
P	5,0	8,5	11,7	44,4	37,2	78,1	47,9	27,1	60,1	2,7	0,0	0,8	323,5

Tabla 5. Precipitación, ET_o y riego aplicado, en mm, y fechas de riego, en el período 2015-2018.

	Precipitación anual (1-oct/30-sep)	Precipitación 1-abr / 30-sep	ET_o 1-abr / 30-sep	Riego R1 / R2	Inicio de riego R1 / R2	Fin de riego
2015	240	122	947	66 / 139	10-ago / 7-jul	15-sep
2016	318	93	830	73 / 136	16-ago / 12-jul	4-oct
2017	167	89	970	74 / 144	7-ago / 26-jun	18-sep
2018	324	139	843	68 / 131	20-ago / 16-jul	1-oct
Media	262	111	898	70 / 138	13-ago / 7-jul	24-sep

Tabla 6. Producción: producción unitaria de uva (kg/cepa), rendimiento ($t.ha^{-1}$), número de racimos por cepa, peso del racimo (g), número de bayas por racimo y peso de baya (g), de los tratamientos experimentales (Trat.) R0, R1 y R2, en 2015-2018. Niveles de significación estadística = ns, no significativo; *, p<0,1; **, p<0,05, para todas las tablas.

Trat.	**Producción / cepa**					**Rendimiento**					**Nº de racimos**				
	2015	**2016**	**2017**	**2018**	**Med.**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**Med.**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**Med.**
R0	2,90 c	3,48 b	1,97 b	3,59 b	*2,98*	8,9 c	10,7 b	6,06 b	11,0 b	*9,2*	23,1 b	26,4	22,1	20,5 b	*23,0*
R1	3,63 b	4,41 ab	2,48 a	4,39 ab	*3,73*	11,2 b	13,6 ab	7,64 a	13,5 ab	*11,5*	25,1 ab	26,9	25,8	23,1 ab	*25,2*
R2	4,56 a	5,45 a	2,85 a	4,89 a	*4,44*	14,0 a	16,8 a	8,78 a	15,0 a	*13,6*	26,8 a	28,0	25,7	23,8 a	*26,1*
Sig.	**	**	**	**		**	**	**	**	ns	**	ns	*	**	
	Peso de racimo					**Nº de bayas / racimo**					**Peso de baya**				
R0	125,9 c	132,3 b	89,3 b	174,8	*131*	109	128	80	99	*104*	1,16 c	1,04 b	1,12 b	1,77	*1,27*
R1	144,4 b	161,6 ab	96,0 ab	189,8	*148*	110	132	76	113	*108*	1,31 b	1,22 a	1,27 a	1,68	*1,37*
R2	169,7 a	194,2 a	111,2 a	204,2	*170*	110	146	85	111	*113*	1,55 a	1,32 a	1,30 a	1,84	*1,50*
Sig.	**	**	**	ns		ns	ns	ns	*		**	**	**	*	

Tabla 7. Desarrollo vegetativo: peso de madera de poda (g·cepa^{-1}), número de sarmientos por cepa, peso de sarmiento (g), índice de área foliar total (LAI), índice de superficie foliar externa (SA) e Índice de Ravaz, de los tratamientos experimentales (Trat.) R0, R1 y R2, en 2015-2018.

Trat.	Madera de poda					Nº sarmientos / cepa					Peso de sarmiento				
	2015	2016	2017	2018	Med.	2015	2016	2017	2018	Med.	2015	2016	2017	2018	Med.
R0	482 b	606	358	724	*543*	16,1	15,3	14,9	14,5 b	*15,2*	29,8 b	39,6	23,9	49,8	*35,8*
R1	601 b	705	430	816	*638*	16,4	15,6	15,0	15,2 a	*15,5*	36,6 b	45,1	28,6	53,9	*41,1*
R2	800 a	775	472	880	*732*	16,4	15,5	14,9	15,4 a	*15,6*	48,6 a	49,9	31,7	57,2	*46,9*
Sig.	**	*	ns	ns		ns	ns	ns	**		**	ns	ns	ns	
	LAI					SA					Indice de Ravaz				
R0	1,39 b	1,88	1,33	2,02 b	*1,65*	0,83 b	1,09	0,93	1,08	*0,98*	6,05	5,76	5,62	5,01	*5,61*
R1		2,01	1,47	2,20 ab	*1,90*		1,12	0,94	1,14	*1,07*	6,08	6,25	5,86	5,45	*5,91*
R2	2,04 a	2,08	1,55	2,31 a	*2,00*	1,11 a	1,08	0,93	1,20	*1,08*	5,81	7,07	6,36	5,57	*6,20*
Sig.	**	ns	ns	**		**	ns	ns	ns		ns	*	ns	ns	

Tabla 8. Composición de uva: concentración de sólidos solubles totales (ºBrix), pH, acidez total (g·L^{-1} de ácido tartárico), ácido tartárico (g·L^{-1}), ácido málico (g·L^{-1}) y potasio (mg·L^{-1}), de los tratamientos experimentales (Trat.) R0, R1 y R2, en 2015-2018.

Trat.	Sólidos solubles totales					pH					Acidez total				
	2015	2016	2017	2018	Med.	2015	2016	2017	2018	Med.	2015	2016	2017	2018	Med.
R0	23,1 a	22,7 a	22,5	22,9	*22,8*	3,39	3,47 a	3,43 a	3,44	*3,43*	5,20 b	5,79	5,75	5,27	*5,50*
R1	22,7 ab	21,7 b	22,5	22,6	*22,4*	3,36	3,30 b	3,37 a	3,41	*3,36*	5,08 b	5,87	5,82	5,38	*5,54*
R2	22,5 b	20,7 c	23,0	22,4	*22,1*	3,35	3,30 b	3,36 b	3,41	*3,35*	5,46 a	5,63	5,84	5,48	*5,60*
Sig.	**	**	*	ns		ns	**	**	ns		**	ns	ns	ns	
	Acido tartárico					Acido málico					Potasio				
R0	8,82 a	9,83	10,23	8,35	*9,31*	0,87 b	1,08	1,06 b	1,61 ab	*1,15*	1998 a	1940	1687 a	1383	*1752*
R1	8,28 b	10,12	9,73	8,15	*9,07*	0,85 b	0,97	1,16 ab	1,45 b	*1,11*	1820 b	1956	1585 a	1340	*1675*
R2	7,96 b	9,47	9,50	7,98	*8,73*	1,42 a	1,05	1,26 a	1,77 a	*1,37*	1845 b	1923	1585 b	1300	*1663*
Sig.	**	ns	ns	*		**	ns	**	**		**	ns	**	ns	

Riego por goteo de precisión de un viñedo de Monastrell a partir de una zonificación basada en índices de vigor vegetativo

D.S. Intrigliolo[1]*, L. González-Gómez[2], J.F. Ortega[3], R. Ballesteros[3], J.M. Ramirez-Cuesta[1], A. del Castillo[3], P. López-García[3], M.T. Munuera[4], M.A. Moreno[3],

[1]Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE) (CSIC-UV-GVA). Moncada (Valencia). Ctra. Moncada-Nàquera Km 4.5, 46113, Moncada, Valencia, España.

[2]Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, Campus Universitario Espinardo, 30100, Murcia (España).

[3]Instituto de Desarrollo Regional. Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete, España;

[4]Sistema Azud, Alcantarilla (Murcia), España; tmunuera@azud.com

**D.S. Intrigliolo:* diego.intrigliolo@csic.es

Resumen

Últimamente se han realizado avances para determinar la dosis de riego a aplicar en el viñedo en función de los objetivos productivos y enológicos. El reto que aborda este trabajo es tener en cuenta la variabilidad existente entre parcelas y así ajustar el riego a esas diferencias. En este trabajo se integraron técnicas de teledetección de rango cercano utilizando drones para llevar a cabo una zonificación de un viñedo comercial de la variedad Monastrell (*Vitis vinífera L.*)con el objetivo de definir tres zonas con distintos índices de vigor vegetativo. Posteriormente, durante dos campañas, se ha aplicado un riego diferencial para cada zona, de modo que, la dosis promedio establecida (1000 m^3 ha^{-1}), se aplicó de forma diferencial en función del vigor de las cepas. Para ello se ha variado el diseño agronómico del riego, utilizando distintas distancias entre goteros en función de la zonificación realizada. De este modo, sin tener que sectorizar ni aplicar tiempos o frecuencias de riego distintas para cada zona, la pluviosidad de la instalación fue distinta. Dicha estrategia de riego de precisión ha sido validada en campo, demostrando que las zonas de mayor vigor vegetativo han aprovechado mejor la mayor dotación de riego empleada teniendo una mayor producción frente a otras zonas con menor desarrollo vegetativo donde se ha considerado que la productividad de las cepas podía estar limitada por otros factores al margen del riego. Además, las distintas zonas previamente delimitadas, han proporcionado calidad de uva diferenciada. En las zonas con menos vigor vegetativo y producción, la uva tenía un mayor contenido azucarado y fenólico. Mediante el procedimiento descrito, se puede por lo tanto adaptar el riego en parcela en función de la variabilidad existente modulando así la respuesta del viñedo.

Palabras clave: Drones, madurez tecnológica, madurez fenólica, NDVI

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso eficiente de los recursos hídricos es un importante reto al que deben enfrentarse agricultores y gestores agrarios. Así pues, las estrategias de riego de precisión toman un papel determinante en el manejo agronómico de las parcelas agrícolas. La agricultura de precisión requiere la tecnología necesaria para la distribución de los insumos, así como el conocimiento de la distribución espacial de los requisitos de

los cultivos. La creación de mapas capaces de capturar la variabilidad intra- e inter-parcelaria permite distribuir los riegos en base a las características intrínsecas de las propias parcelas, influenciadas por las propiedades de su suelo, la climatología y el manejo agronómico realizado sobre ellas. La teledetección ha demostrado su potencial y efectividad para llevar a cabo la monitorización espacio-temporal de la vegetación a través de una amplia multitud de índices de vegetación (IVs) derivados de las imágenes obtenidas desde dichos sensores remotos (Khaliq et al. 2019). De ellos, el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) es el más ampliamente usado desde comienzo de los años 70, siendo capaz de describir de manera adecuada el vigor vegetativo de las cubiertas vegetales. El presente trabajo tiene por objetivo la evaluación en términos de producción y calidad de la uva, de una zonificación de precisión a través de un ensayo de riego diferencial por goteo realizado en base a la variabilidad del vigor vegetativo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo desarrollado se llevó a cabo durante las campañas 2020 y 2021 en un viñedo en espaldera y riego por goteo, de la variedad Monastrell (*Vitis vinífera* L.), ubicado en el término municipal de Fuente-Álamo, provincia de Albacete (38° 43' 47" N, 1° 28' 18" O). La parcela fue plantada en el año 2007 utilizando el portainjerto 110 R y tiene una superficie de 7,3 ha y se divide en 3 sectores hidráulicos (sector 1, 2 y 3). El ensayo se llevó a cabo sobre el sector 1 de 0,9 ha y 31 líneas o filas de viña (Fig. 1). En la zona, la precipitación promedio anual es de 294 mm. El suelo de la parcela es franco arenoso, con un pH ligeramente alcalino de 8,9. La variabilidad presente en el sector 1 de la parcela objeto de estudio, se obtuvo a partir de un mapa de zonificación realizado mediante una imagen de muy alta resolución espacial (5 cm) adquirida con una cámara multiespectral Micasense instalada sobre un dron y tomada el día 19 de junio del 2019. Posteriormente, se aplicó un filtro de sal y pimienta, agrupando píxeles y eliminando pequeñas islas, obteniendo finalmente una zonificación en 3 clases de vigor alto (VA), medio (VM) y bajo (VB) (Fig. 1). Para poder llevar a cabo el riego diferencial, manteniendo de manera homogénea los mismos tiempos y momentos de riego entre las zonas definidas en el sector 1 de la parcela (Fig. 1), en cada una de ellas se instalaron goteros autocompensantes del mismo caudal, de 3,5 L ha^{-1}, pero con distinta separación entre ellos. Por ello, los goteros se dispusieron a 1,25 m en la zona VB, a 1 m en la zona VM, y a 0,.75 m en la zona VA. La programación del riego estuvo limitada por la dotación hídrica máxima en la parcela, siendo esta de aproximadamente 1000 m^3 ha^{-1}.

Desde mediados de junio y hasta finales de septiembre, y en intervalos aproximados de 15 días, se llevaron a cabo, en 8 fechas diferentes, medidas de potencial hídrico del tallo (Ψ_{tallo}) utilizando cámaras de presión Scholander (Model 600, PMS Instrument Company, Albany, OR, USA). Para las determinaciones de madurez tecnológica y fenólica, de las bayas se recogieron de manera aleatoria 3000 bayas en diferentes cepas de los 3 sectores de la parcela. En concreto se realizaron 3 repeticiones de aproximadamente 200 bayas en cada una de las 3 zonas del sector 1, y otras 3 repeticiones de aproximadamente 200 bayas tanto en el sector 2 como en el sector 3. Los antocianos totales y el índice de polifenoles totales (IPT) se determinaron utilizando una metodología adaptada a la de la Standard Methods of del Australian Wine Research Institute que se fundamenta en la maceración de las bayas trituradas en una solución etanólica (50%) durante 1 hora. Las diferencias entre las 3 zonas del sector 1, así como las diferencias entre estas 3 zonas y los otros 2 sectores de riego (el 2 y el 3), han sido analizadas a través de un análisis de varianza (ANOVA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estado hídrico del viñedo fue situándose en valores de débil a moderado déficit hídrico a lo largo de la campaña en las 3 zonas del sector 1, pero situándose en valores de débil a moderado déficit hídrico. En concreto, los valores de Ψ_{tallo} de la zona VB oscilaron entre los -0,36 MPa hasta los -0,81 MPa días antes de la vendimia. Con valores y una evolución temporal muy similar, el Ψ_{tallo} de la zona VM osciló entre los -0,39 MPa hasta los -0,.81 MPa. La zona VA fue la que registró los menores valores de Ψ_{tallo}, los cuales fueron desde -0,.43 MPa hasta -1,.01 MPa. Así pues, la zona con mayor vigor vegetativo fue la que presentó los menores valores de Ψ_{tallo} (resultados no mostrados). Esta zona VA presentó diferencias significativas con respecto a las otras dos desde mediados de julio hasta el final de la campaña de riego, con la salvedad de la penúltima medida tomada.

En cuanto a la respuesta agronómica, en ambos años, se obtuvieron diferencias significativas entre las zonas del sector 1, la zona VA tuvo una mayor producción que las zonas VB y VM, que presentaron resultados muy similares entre ellas (Tabla 1). Por lo tanto, la zona más vigorosa en base al mapa de variabilidad del sector 1 analizado obtuvo una mayor producción final como se podía esperar. Esto es así a pesar del menor estado hídrico registrado en esta zona. La comparación de la producción de las zonas del sector 1 con respecto a los sectores 2 y 3 muestra diferencias significativas entre las zonas VB y VM del sector 1 con respecto a los sectores 2 y 3. Sin embargo, el promedio de todo el sector 1 no presentó diferencias significativas con respecto a los sectores 2 y 3. Por lo tanto, puede considerarse como acertada la estrategia de suministrar más agua a la zona con mayor potencial productivo. En cuanto al peso de las bayas no se observan diferencias significativas en ningún caso.

En cuanto a la composición de la uva, no se apreciaron diferencias estadísticamente significativas en la madurez tecnológica de la uva (Tabla 2) ni entre las distintas zonas ni entre los diferentes sectores de la parcela. Sin embargo, sí se pudo observar que las bayas de la zona VB (menos vigorosa) tenían un índice de polifenoles totales mayor que el resto de zonas y de los otros 2 sectores. Analizando el promedio de las distintas zonas del sector 1 en comparación con los sectores 2 y 3, el riego de precisión permitió mejorar la composición de la uva dado que incrementó tanto los antocianos como los polifenoles totales de la uva, en particular en el segundo año de ensayos (resultados no mostrados).

En definitiva, se ha validado en campo un sistema de riego de precisión, demostrando que las zonas de mayor vigor vegetativo han aprovechado mejor la mayor dotación de riego empleada teniendo una mayor producción frente a otras zonas con menor desarrollo vegetativo donde se ha considerado que la productividad de las cepas podía estar limitada por otros factores al margen del riego

AGRADECIMIENTOS

La investigación ha sido financiada por la Agencia Estatal de Investigación a través de los proyectos PID2021-123305OB-C31 y RTC-2017-6365-2.

REFERENCIAS

Khaliq, A.; Comba, L.; Biglia, A.; Aimonino, D.R.; Chiaberge, M.; Gay, P. 2019Comparison of satellite and UAV-based multispectral imagery for vineyard variability assessment. Remote Sens., 11, doi:10.3390/rs11040436.

Tablas

Tabla 1. Respuesta agronómica y de la calidad de la uva en las distintas zonas del Sector 1 con vigor bajo (VB), medio (VA) y alto (VA), en comparación con los sectores 2 y 3. Letras minúsculas indican diferencias significativas entre las zonas del sector 1 y letras mayúsculas indican diferencias significativas entre las zonas del sector 1 y los sectores de riego 2 y 3.

Sector	Producción (Tn ha^{-1})	SST (°Brix)	pH	Ac. Total (g ácido tart. L^{-1})	PT (mg g^{-1})	Antocianos (mg g^{-1})
2020						
1 VB	7,3 b; B	23,3 a; A	3,47 a; A	6,0 a; A	2,7 a; A	1,3 a; A
1 VM	7,4 b; B	22,7 a; A	3,52 a; A	5,8 a: A	2.7 a; A	1,1 b; B
1 VA	12,8 a; A	21,7 a; A	3,50 a; A	6,0 a; A	2,6 a; A	1,0 b; B
2	11,1 A	22,4 A	3,52 A	5,8 A	2,5 A	1,1; B
3	9,9 AB	21,5 A	3,52 A	6,1 A	2,6 A	1,0; B
2021						
1 VB	13,1 b; B	23,1 a; A	3,60 a; A	4,9 a; A	3,8 a; A	1,3 a; A
1 VM	10,9 b; B	23,4 a; A	3,63 a; A	5,1 a; A	3,7 ab; A	1,3 a; A
1 VA	15,6 a; A	22,4 a; A	3,61 a; A	5,2 a; A	3,5 b; A	1,2 a; AB
2	13,4 B	22,5; A	3,58 A	5,2 A	3,2 B	1,1; B
3	14,9 AB	20,7; B	3,51 B	5,3 A	3,2 B	1,2, A

SST=sólidos solubles totales, PT= polifenoles totales

Figuras

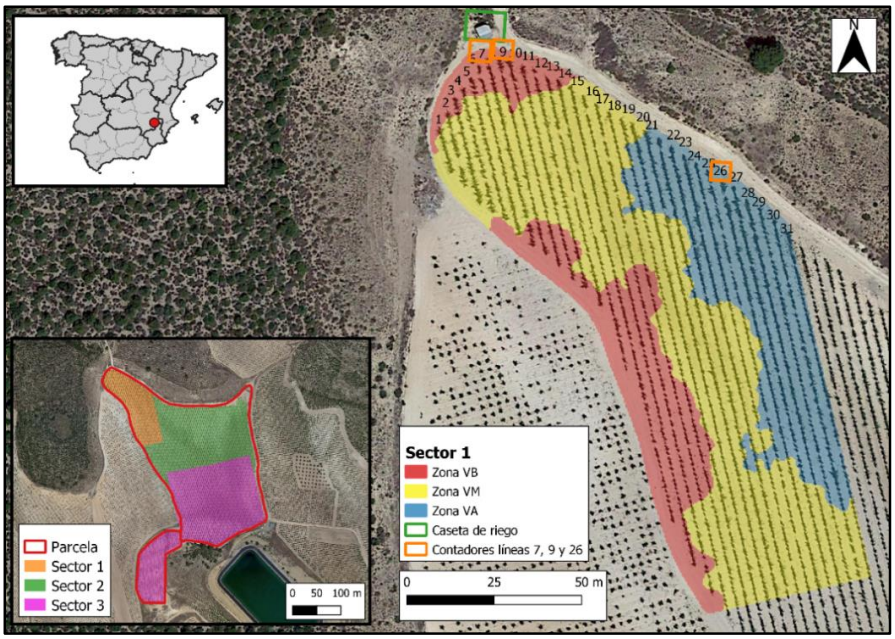


Fig. 1. Parcela de viña ubicada en Fuente-Álamo (38° 43' 47" N, 1° 28' 18" O, Albacete). Detalle mapa de zonificación del sector 1 con las zonas de vigor bajo (VB), medio (VM) y alto (VA) delimitadas.

Estrategias de fertilización nitrogenada para el cultivo ecológico del cv. 'Verdejo' en la D.O. Rueda

P. Junquera[1], A. García-Bamala[1], C. Fernández[1,2], E. Peiro[1], J.R. Lissarrague[1,2]

[1] GIVITI: Gestión Integral de Viticultura. Madrid, España.

[2] Grupo de Investigación en Viticultura de la Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España

**Pedro Junquera: pjunquera@giviti.com*

Resumen

Con el objetivo de mejorar la nutrición nitrogenada del viñedo y aumentar la concentración de nitrógeno fácilmente asimilable (NFA) en el mosto, durante 2020 y 2021 se llevó a cabo un ensayo de fertilización ecológica en un viñedo del cv. Verdejo en la D.O. Rueda. Se ensayaron cuatro estrategias: un testigo fertilizado mediante incorporación al suelo de estiércol peletizado (T), y tres tratamientos consistentes en aportes adicionales de nitrógeno: +15 kg N/ha en primavera por fertirrigación (R); +15 kg N/ha en envero mediante pulverización foliar (F); +30 kg N/ha aplicados por fertirrigación y pulverización foliar (R+F). Durante los dos años de estudio se evaluaron la concentración relativa de clorofila en las hojas, el crecimiento vegetativo, los componentes del rendimiento y la composición del mosto. La aplicación adicional de nitrógeno por fertirrigación provocó aumentos en el crecimiento vegetativo y en el NFA del mosto, sin que se viese afectado el rendimiento de cosecha. En cambio, la aplicación adicional de nitrógeno mediante pulverización foliar resultó menos efectiva.

Palabras clave: fertilización nitrogenada, fertirrigación, pulverización foliar, producción ecológica, nitrógeno fácilmente asimilable, 'Verdejo'.

INTRODUCCIÓN

El nitrógeno es el nutriente más demandado por la vid, está implicado en numerosos procesos fisiológicos y es determinante del crecimiento vegetativo y del rendimiento en uva. Además, el contenido de nitrógeno en la uva juega un papel clave en la calidad del vino por estar implicado en la formación de compuestos aromáticos en la uva y en el metabolismo de las levaduras y el ritmo de la fermentación, lo que es crucial, dado que pueden originarse compuestos más o menos deseables para la calidad final del vino.

En viticultura ecológica uno de los principales retos es la nutrición del viñedo. La normativa de producción ecológica (Reglamento UE 2018/848) aboga por mantener o mejorar la fertilidad de los suelos mediante la aplicación de estiércol animal o materia orgánica. El empleo de estiércoles de origen animal y otras fuentes de materia orgánica presenta la dificultad de conocer en qué medida y en qué momento estarán disponibles los nutrientes para el viñedo. Ante la dificultad de sincronizar la disponibilidad del nitrógeno procedente de estiércoles y la demanda del viñedo, cabe plantearse otras alternativas como las aplicaciones líquidas mediante fertirrigación y pulverización foliar. En el caso de la pulverización foliar, la mayor parte de los trabajos previos que tienen por objetivo el aumento del NFA del mosto y la modulación de la expresión aromática se han centrado en el uso de urea (Lacroux et al. 2008; Dufourcq

et al. 2009; Hannam et al. 2014; Verdenal et al., 2016) por su elevada solubilidad, su bajo precio y la efectividad en la modificación de la composición de la uva (Gutiérrez-Gamboa et al. 2019). Dado que la urea es un fertilizante de síntesis no autorizado en producción ecológica, algunos estudios han empleado fertilizantes de origen orgánico y certificados para su uso en producción ecológica (Geffroy y Dufourcq, 2010).

En este contexto, durante los años 2020 y 2021 desarrollamos junto a Bodegas José Pariente el trabajo que exponemos a continuación y que tuvo por objetivo la mejora de la nutrición nitrogenada de sus viñedos mediante aplicaciones de fertilizantes nitrogenados ecológicos, por fertirrigación y pulverización foliar, atendiendo especialmente a la necesidad de incrementar la concentración de nitrógeno fácilmente asimilable del mosto.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se desarrolló durante los años 2020 y 2021 en un viñedo de Bodegas José Pariente, situado en el T.M. La Seca (Valladolid, España), latitud 41º 23' 26'' N, longitud 4º 54' 56'' W, altitud 780 m. El viñedo se plantó en 2003 con la variedad Verdejo, injertada sobre Richter 110, a un marco de 3 m x 1,5 m y con una orientación de filas E-O. El viñedo se poda a Guyot doble con una carga aproximada de 22 yemas/cepa y se conduce en espaldera. El viñedo se cultiva siguiendo las normas de producción ecológica y se riega por goteo con un dosis anual aproximada de 700 m^3/ha. El suelo en la zona de ensayo cuenta con una elevada proporción de elementos gruesos, es franco-arcilloso, de pH básico y tiene una concentración de carbonatos elevada en profundidad (15,7% en 0-40 cm y 53,6% en 40-140 cm). El clima de la región es Mediterráneo Templado según la clasificación agroclimática de Papadakis. Durante el ciclo (1 abril – 31 octubre), la temperatura media fue 17,5 ºC y 17,0 ºC, la integral térmica eficaz 1633 ºC y 1528 ºC, la precipitación 218 mm y 223 mm y la evapotranspiración de referencia 865 y 785 mm, para los años 2020 y 2021, respectivamente.

Se establecieron cuatro tratamientos experimentales que se replicaron tres veces en un diseño en bloques.

- Testigo (T): 45 kg N/ha aplicados mediante localización enterrada en el suelo de 1.300 kg/ha de fertilizante en pellets, entre mediados de febrero y mediados de marzo.
- Foliar (F): +15 kg N/ha aplicados mediante pulverización foliar a razón de 187 kg/ha de un fertilizante líquido (+400 L agua/ha), en inicio de envero.
- Riego (R): +15 kg N/ha mediante fertirrigación de 187 kg/ha de un fertilizante líquido, repartido en dos aplicaciones, la primera un mes después de brotación y la segunda en cuajado.
- Riego + Foliar (R+F): +30 kg N/ha mediante la combinación de los dos tratamientos anteriores (+15 kg N/ha foliar +15 kg N/ha fertirrigación).

Las características de los abonos empleados en el ensayo, certificados para su uso en producción ecológica, se presentan en la tabla 1.

Para evaluar la respuesta del viñedo a las diferentes estrategias de fertilización nitrogenada se midió el índice clorofílico en hojas del tercio inferior y de ambas caras de la pared de vegetación con un medidor portátil N-Tester (Yara, Oslo, Norway), la composición del mosto (ºBrix, pH, acidez titulable, nitrógeno fácilmente asimilable y potasio) y los componentes del rendimiento en vendimia, el peso de madera de poda y el peso del sarmiento en reposo. Los efectos de la estrategia de fertilización y del año, así como la interacciones entre ambos factores, se analizaron mediante análisis de varianza y la comparación de medias por el test múltiple de Duncan. Se empleó el programa de análisis

estadístico SPSS 15.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores máximos del índice clorofílico se alcanzaron en envero para reducirse posteriormente durante la maduración (Tabla 2), probablemente por el envejecimiento de las hojas y la degradación de clorofilas, y a la exportación de nitrógeno desde estas hacia las uvas. A pesar de que los valores medios del índice clorofílico en floración y envero fueron superiores en los tratamientos con aporte de nitrógeno por fertirrigación, las diferencias no fueron estadísticamente significativas. A final de maduración el índice clorofílico del tratamiento R+F alcanzó un valor superior al del resto de tratamientos (Tabla 2). El aporte combinado por fertirrigación y foliar de 30 kg/ha de nitrógeno aumentó el índice clorofílico al final de la maduración, cuando pudo evaluarse el efecto acumulado del conjunto de aplicaciones de nitrógeno.

La aplicación de nitrógeno por fertirrigación aumentó el peso medio del sarmiento y el peso de madera de poda (Tabla 3). El efecto de la aplicación foliar de nitrógeno sobre el vigor fue menos significativo, en parte porque en envero ya está prácticamente definido el crecimiento vegetativo. Sin embargo, el efecto positivo del abonado foliar en envero sobre el vigor nos lleva a pensar que la mejora de la actividad fisiológica de envero en adelante también puede contribuir a la mejora del vigor.

Las diferentes estrategias de fertilización no tuvieron efecto sobre el rendimiento en uva, ni sobre ninguno de sus componentes (Tabla 4).

La aplicación adicional de nitrógeno provocó el aumento de la concentración de NFA en el mosto, alcanzándose un incremento respecto al testigo del 19% con la aplicación extra de 30 kg N/ha, combinando fertirrigación y pulverización foliar (Tabla 5). La aplicación extra de 15 kg N/ha mediante fertirrigación también consiguió mejorar el NFA del mosto respecto al testigo, con un incremento del 13%.

El aumentó la fertilización nitrogenada provocó la reducción de la concentración de azúcar y de la acidez, y el aumento del pH (Tabla 5). Algunos estudios han encontrado respuestas en este mismo sentido (Keller at al. 1998) que podrían tener que ver con la alteración del metabolismo de azúcares y ácidos, aunque en general la bibliografía pone de manifiesto que no hay una tendencia clara en las relaciones entre la nutrición nitrogenada y la composición de la uva, más allá del aumento en compuestos nitrogenados (Bell y Henschke, 2005), seguramente por la multitud de factores implicados en estos procesos.

De acuerdo con estos resultados, la aplicación por fertirrigación repartida en dos momentos entre brotación y envero resultaría más eficaz que una única aplicación foliar en envero. Aunque debe tenerse en cuenta que las aplicaciones por fertirrigación y foliar se hicieron en diferentes épocas y de forma más o menos fraccionada. Una de las causas que puede restar eficacia a la pulverización foliar de nitrógeno es la composición del fertilizante. En este caso el fertilizante líquido tenía una concentración de N total del 8 %, con un 4% en forma orgánica y un 4% en forma amoniacal (Tabla 1), y es probable que las formas orgánicas, con más peso molecular, sean peor absorbidas que la amoniacal u otras inorgánicas (Furuya y Umemiya, 2002).

De acuerdo con los resultados obtenidos, la fertirrigación con abonos nitrogenados ecológicos resultaría una herramienta eficaz para modular la nutrición del viñedo y la composición de las uvas, especialmente para mejorar la concentración de nitrógeno en el mosto. Por otra parte, sería necesario estudiar con mayor profundidad la influencia de la formas y momentos de aplicación, y la composición de los abonos orgánicos en cuanto a formas nitrogenadas, para comprender mejor

los factores que afectan a la eficiencia en la asimilación del nitrógeno, con objeto de mejorarla.

AGRADECIMIENTOS

Los trabajos incluidos en esta publicación se han desarrollado en el proyecto "ECOPLUSXXI" (Nuevas tecnologías aplicadas en viticultura ecológica para la producción sostenible de la variedad Verdejo en la D.O. Rueda. Ref. IDI-20190168), promovido por Bodegas José Pariente y financiado con fondos FEDER por el CDTI - Ministerio de Ciencia e Innovación.

REFERENCIAS

Bell, S, Henschkel, P.A. 2005. Implications of nitrogen nutrition for grapes, fermentation and wine. Aus. J. Grape Wine R. 11: 242–295.

Dufourcq, T., Charrier, F., Poupault, P., Schneider, R., Gontier, L., Serrano, E. 2009. Foliar spraying of nitrogen and sulfur at veraison: A viticultural technique to improve aromatic composition of white and rosés wines. 16th International GiESCO Symposium UC Davis, Davis, CA, USA: 379-383.

Furuya, Y., Umemiya, S. 2002. The influence of chemical. Forms on foliar-applied nitrogen absorption for peach trees. International Symposium on Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants. ISHS Acta Horticulturae 594: 99-103.

Geffroy, O., Dufourcq, T. 2010. Evaluation de 3 préparations biologiques appliquées par voie foliaire sur vigne pour corriger le statut azoté des moûts. Journées Techniques Viticulture Biologique ITAB: 21-30.

Gutiérrez-Gamboa, G., Romanazzi, G., Garde-Cerdán, T., Pérez-Álvarez, E.P. 2019. A review of the use of biostimulants in the vineyard for improved grape and wine quality: effects on prevention of grapevine diseases. J. Sci. Food Agr. 99: 1001-1009.

Hannam, K.D., Neilsen, G.H., Neilsen, D., Rabie, W.S., Midwood, A.J., Millard, P. 2014 Late-Season Foliar urea applications can increase berry yeast-assimilable nitrogen in winegrapes (*Vitis vinifera* L.). Am. J. Enol. Vit. 65: 89-95.

Keller, M., Arnink, H.J., Hrazdina, G. 1998. Interaction of nitrogen availability during bloom and light intensity during veraison. I. Effects on grapevine growth, fruit development, and ripening. Am. J. Enol. Vit. 49: 333-340.

Lacroux, F., Treogat, O., Van Leeuwen, Pons, A., Tominaga, T., Lavigne-Cruège, V., Dubourdieu, D. 2008. Effect of foliar nitrogen and sulphur application on aromatic expression of *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon blanc. J. Int. Sci. Vigne Vin. 42: 125-132.

Verdenal, T., Spangenberg, J.E., Zufferey, V., Lorenzini, F., Dienes-Nagy, A., Gindro, K., Spring, J.L., Viret, O. 2016. Leat-to-fruit ratio affects the impact of foliar-applied nitrogen on accumulation in the grape must. J. Int. Sci. Vigne Vin. 50: 23-33.

Tabla 1: Características de los abonos.

Presentación	N (%)	N (% sms)	P_2O_5 (% sms)	K_2O (% sms)	MO (% sms)	C/N	Humedad (%)	Densidad (g/mL)	pH
Pellet	-	4[1]	5,5	8	40	12	14	-	7,6
Líquido	8[2]	-	-	-	-	-	-	1,28	6,5

[1]: 3,5% orgánico + 0,5% amoniacal [2]: 4% orgánico + 4% amoniacal

Tabla 2: Índice clorofílico en floración, envero y maduración. Valores medios 2020-2021.

Tratamiento	IC floración (2021)	IC envero (2021)	IC maduración (2020+2021)
T	529	564	533 b
F	528	574	541 b
R	568	589	552 b
R+F	545	586	571 a
Tratamiento	ns	ns	**
Año	-	-	ns

IC: Índice clorofílico.

Tabla 3: Peso de madera de poda y peso del sarmiento. Valores medios 2020-2021.

Tratamiento	Sarmientos/ha	Peso madera poda (kg/ha)	Peso Sarmiento (g)
T	51.259	2.236 b	44 b
F	46.296	2.339 ab	51 ab
R	47.333	2.707 a	60 a
R+F	45.259	2.438 ab	54 ab
Tratamiento	ns	*	*
Año	*	ns	ns

Tabla 4: Componentes del rendimiento. Valores medios 2020-2021.

Tratamiento	Rdto (kg/ha)	Sar/ha	Rac/Sar	Peso Rac (g)	Bayas/Rac	Peso baya (g)
T	8.619	51.259	1,50	122	77	1,60
F	8.863	46.296	1,47	126	82	1,54
R	7.725	47.333	1,49	121	77	1,59
R+F	8.626	45.259	1,46	124	77	1,64
Tratamiento	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Año	ns	*	ns	ns	ns	***

Rdto: Rendimiento; Sar: Sarmientos; Rac: Racimos.

Tabla 5: Composición del mosto en vendimia. Valores medios 2020-2021.

Tratamiento	SST (ºBrix)	pH	AT (g TH_2/L)	NFA (mg/L)	K (mg/L)
T	24,0 a	3,23 b	7,71 a	184 c	738
F	23,8 a	3,27 a	7,31 b	193 bc	744
R	23,4 ab	3,27 a	7,21 b	208 ab	741
R+F	23,3 b	3,28 a	7,28 b	219 a	768
Tratamiento	*	*	**	**	ns
Año	***	**	***	***	***

SST: Sólidos solubles Totales; AT: Acidez Titulable, NFA: Nitrógeno Fácilmente Asimilable, K: Potasio.

Influencia del tipo de poda sobre los primeros años de desarrollo de cepas jóvenes

N. Juanena[1], A. Villa-Llop [1-2], O. Oneka[1], B. Sebastián[3], J. Palacios[3], D. Vergnes[4], A. Janoueix[5], C. Dewasme[5], J.P. Roby[5], N. Torres[1], L.G. Santesteban[1]

[1]Dpto de Agronomía, Biotecnología y Alimentación, Universidad Pública de Navarra (UPNA), Campus Arrosadia, 31006 Pamplona, Spain

[2]Vitis Navarra, Carretera NA132, km. 18, 31251 Larraga, Navarra

[3]Viticultura Viva S.L., Cabmesado 4, 31390 Olite, Spain

[4]Chambre d'Agriculture des Pyrénées Atlantiques - 124 Bd Tourasse 64078 PAU cedex

[5]ISVV, UMR EGFV, 210 Chemin de Leysotte CS50008 33 882 Villenave d'Ornon

*Autor/a: nahiara.juanena@unavarra.es

Resumen

La longevidad y rentabilidad de los viñedos se está viendo afectada por el aumento en la incidencia de las enfermedades de madera de la vid (EMV), intensificada por el olvido de las buenas prácticas de poda que lleva a la realización de podas cada vez más agresivas. El objetivo de este trabajo fue estudiar las implicaciones de distintos criterios a la hora de realizar cortes de poda de invierno sobre la expresión vegetativa de cepas jóvenes. Para ello, se realizaron dos ensayos en viñedos comerciales plantados en 2019 en La Rioja y Navarra. En los distintos ensayos se aplicaron criterios de poda alternativos al comúnmente usado: i) poda viticultor, siguiendo los criterios del viticultor de la zona (VIT); ii) poda respetuosa, dejando madera de protección y respetando el flujo de savia (RES); y iii) poda agresiva, sin dejar madera de protección ni respetar el flujo de savia (AGR). En general, la poda RES tendió a aumentar el crecimiento de los pámpanos respecto a las podas VIT y AGR, obteniendo mayores valores de peso de madera de poda en invierno. En conclusión, los distintos criterios empleados en la poda afectan de manera notable al crecimiento, aunque serían necesarios más años de experimentación para evaluar su repercusión sobre la longevidad de las plantas.

Palabras clave: buenas prácticas de poda, madera de protección, flujo de savia, podas respetuosas, podas agresivas.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existe una gran preocupación por la longevidad de los viñedos, no solo a largo plazo sino también a medio y corto plazo (Armengol, 2017). La longevidad de los viñedos está condicionada por las enfermedades de madera de la vid (EMV), cuya incidencia se ve aumentada por un inadecuado manejo de la poda (Úrbez-Torres y Gubler, 2011; Henderson et al., 2021). La poda es necesaria para mantener la sanidad y controlar la productividad de la vid a largo plazo (Deloire, 2012). Sin embargo, una gestión de la poda agresiva incrementa el tamaño de la herida producida, produciendo conos de desecación que obstaculizan el flujo de savia (Faúndez-López et al., 2021). La madera joven es menos

susceptible que la madera más vieja a las heridas producidas por la poda. Un corte realizado en madera de dos años produce un cono de desecación más pequeño y menos profundo que en un corte en madera más vieja, por lo que el flujo de savia se sigue manteniendo debido que no se obstruyen los vasos vasculares (Faúndez-López et al., 2021; Simonit, 2014). Así, la hipótesis de partida es que la poda respetuosa dejando madera de protección y respetando el flujo de savia promueve el mejor desarrollo y reduce la probabilidad de infecciones de hongos de la madera debido al menor número de heridas de poda y menor tamaño de estas. El estudio del impacto de la poda sobre la longevidad del viñedo es complicado, el objetivo de este estudio es caracterizar el efecto sobre el desarrollo vegetativo de diferentes criterios de poda de invierno aplicados en los primeros años de una cepa.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal

Los ensayos se realizaron en dos viñedos comerciales de Tempranillo (clon VN33) injertado sobre Richter 110 plantados en 2019, uno en Navarra (Murieta, Bodegas Quaderna Via) y otro en La Rioja (El Cortijo, Bodegas LAN). En el caso del ensayo en Murieta, el marco de plantación es 3 m × 1,2 m y en el caso de El Cortijo 2,8 × 1,2 m. El viñedo de Murieta está cultivado en regadío, mientras que el de El Cortijo está en secano. Los ensayos recogen los primeros años de cultivo y formación hasta la formación en cordón Royat doble.

Estrategias de poda

En los 2 viñedos se aplicaron 3 criterios de poda: i) poda viticultor, cortes realizados siguiendo los criterios del viticultor de la zona (VIT); ii) poda respetuosa, cortes realizados dejando madera de protección, es decir, siempre que sea posible se deja un taco de longitud igual a 1.5 veces el diámetro del corte aunque esto suponga elegir una yema de mayor rango para la brotación en la siguiente primavera, y respetando el flujo de savia (RES); y iii) poda agresiva, cortes realizados sin dejar madera de protección ni respetar el flujo de savia (AGR) (Fig 1).

Los tratamientos se aplicaron de acuerdo a un diseño experimental en bloques al azar, con tres repeticiones por tratamiento, cada una de ellas con 20 plantas para el caso de El Cortijo y diez repeticiones de una sola cepa para el caso de Murieta.

Medidas

Se llevaron a cabo tres podas de invierno (03/2020, 03/2021 y 03/2022). En marzo de 2020 se midió el diámetro de la base de todas las cepas para descartar que hubiese diferencias significativas entre ellas que pudiesen afectar a los futuros resultados (datos no mostrados). En la primera poda de invierno no se tomó ninguna medida ya que la finalidad de esta poda fue únicamente el establecimiento de los tratamientos. En la segunda y tercera poda, se midieron la sección del tronco y de la base de los sarmientos, se contaron los sarmientos de cada cepa y se pesaron.

Análisis estadístico

El análisis estadístico obtenido en cada uno de los ensayos se realizó con R Studio versión

3.6.1 para Windows. Los datos se sometieron al test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y al test de Levene para garantizar la homocedasticidad de los mismos. Con ello se garantizó que los datos cumplían los requisitos para someterlos al análisis de la varianza (ANOVA) para determinar diferencias significativas entre las distintas estrategias a la hora de realizar los cortes de poda. Cuando la probabilidad asociada a un test de ANOVA fue menor que el nivel de significancia establecido ($p \leq 0,05$), se aplicó un test posthoc de HSD Tukey para determinar qué medias de cada tratamiento diferían entre sí.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de los tres años de ensayo muestran que el crecimiento vegetativo expresado como la suma de secciones de los sarmientos es significativamente superior en la estrategia de poda respetuosa frente a la de viticultor y la poda agresiva en ambas localizaciones, Murieta y El Cortijo (Tabla 1). Como afirmó Dal (2013), en la poda de invierno, al realizar cortes en sarmientos lignificados, se produce un cono de desecación hacia el interior que será de mayor tamaño cuando mayor sea el diámetro de la herida realizada, pudiéndose obstaculizar el flujo de savia. Nuestros resultados confirman que en plantas jóvenes, una poda respetuosa en su formación que deje madera de protección en los cortes y respete el flujo de savia se traduce en un mayor crecimiento vegetativo en primavera y, consecuentemente, en una mayor suma de sección de sarmientos en el invierno siguiente. Esta mayor suma de sección de sarmientos se acompaña de un mayor peso de madera de poda en ambas campañas para el viñedo de Murieta, pero solo en 2021 para el viñedo de El Cortijo.

En conclusión, los resultados muestran que los diferentes criterios a la hora de realizar los cortes de poda de invierno afectan el desarrollo vegetativo de las cepas en sus primeros años, sin embargo, la continuación de las medidas durante un periodo más largo de tiempo ayudará a identificar las implicaciones sobre la longevidad y el estado fitosanitario del viñedo a medio y largo plazo. Además, será interesante observar si las diferencias observadas en la expresión vegetativa de las vides se mantienen a lo largo de los años y si esto se explica por diferencias de la conductividad hidráulica.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado dentro del proyecto EFA324/19 VITES QUALITAS. Sostenibilidad y competitividad de la viticultura en el territorio POCTEFA. Aumento de la longevidad y la salud de la viña a través de la evaluación y transferencia de prácticas de producción de planta y de poda. El proyecto ha sido cofinanciado al 65% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del Programa Interreg V-A España-Francia-Andorra (POCTEFA 2014-2020).

REFERENCIAS

Armengol, J. 2017. Enfermedades fúngicas de madera de la vid. Una visión general del problema.

Dal, F. 2013. Manuel des Pratiques Agricoles contre les Maladies du Bois. Réalisation SICAVAC et BIVC. Imprimerie Paquereau, Angers.

Deloire, A. 2012. A few thoughts on grapevine training systems. WineLand Mag 6: 82-86

Faúndez-López, P., Delorenzo-Arancibia, J., Gutiérrez-Gamboa, G., & Moreno-Simunovic, Y. 2021. Pruning cuts affect wood necrosis but not the percentage of budburst or shoot development on spur pruned vines for different grapevine varieties. Vitis - J. Grapevine Res. 60(3):137-141.

Henderson, B., Sosnowski, M. R., McCarthy, M. G., & Scott, E. S. 2021. Incidence and severity of Eutypa dieback in grapevines are related to total surface area of pruning wounds. Aust. J. Grape Wine Res., 27(1): 87-93.

Simonit, M. 2014. Manuale di potatura della vite: Guyot. Edizioni l'informatore agrario.pp. 30-41

Úrbez-Torres, J. R., & Gubler, W. D. 2011. Susceptibility of grapevine pruning wounds to infection by *Lasiodiplodia theobromae* and *Neofusicoccum parvum*. *Plant Pathol*., 60(2): 261-270.

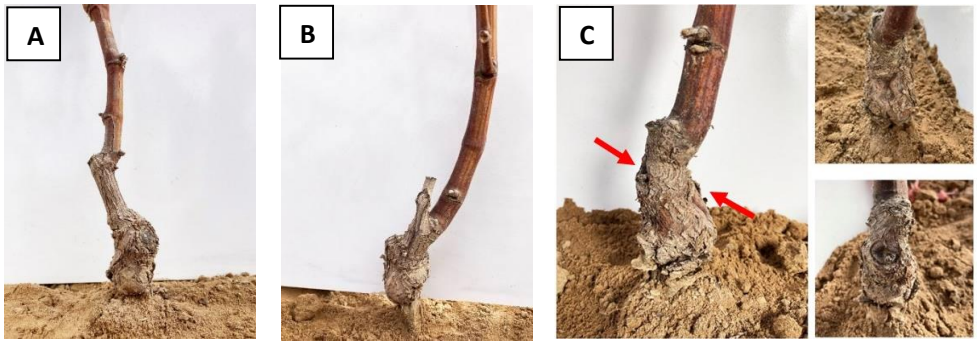


Fig 1. Descripción de la aplicación de los distintos criterios de poda realizados en la poda de invierno; A) Estrategia del viticultor, B) respetuosa, con madera de protección y respeto del flujo de savia y C) poda agresiva (Foto Octubre 2020).

Tabla 1. Componentes de la poda invernal de los ensayos en los viñedos de Murieta y El Cortijo sometidos a distintas estrategias de poda.

Poda invierno

Estrategias de poda	2020-2021					2021-2022				
	Número de sarmientos	Área total de sarmientos (mm^2)	Sección media de sarmientos (mm^2)	Peso de madera de poda (g/planta)	Peso medio de sarmiento (g/planta)	Número de sarmientos	Área total de sarmientos (mm^2)	Sección media de sarmiento (mm^2)	Peso de madera de poda (g/planta)	Peso medio de sarmiento (g/planta)
	Murieta									
VIT	2,00 ± 0,24	226,78 ± 0,24 b	132,33 ± 11,53 b	185,66 ± 19,61 b	111,14 ± 0,70 b	4,40 ± 0,37	291,34 ± 27,68 b	67,59 ± 5,20	213,33 ± 18,05 b	47,43 ± 3,96 b
RES	1,47 ± 0,32	381,79 ± 0,19 a	282,77 ± 29,21 a	318,80 ± 30,44 a	256,77 ± 21,48 a	5,54 ± 0,58	422,56 ± 33,12 a	79,71 ± 3,46	373,078 ± 35,33 a	72,83 ± 6,56 a
AGR	1,33 ± 0,18	171,30 ± 0,16 b	126,19 ± 14,49 b	142,73 ± 10,79 b	124,77 ± 9,19 b	5,58 ± 0,38	379,48 ± 31,45 a	68,96 ± 4,95	220,83 ± 18,93 b	41,33 ± 4,60 b
Valor *p*	ns	**	***	***	***	ns	*	ns	***	***
	El Cortijo									
VIT	1,15 ± 0,09	199,59 ± 0,06 ab	189,68 ± 9,08 b	244,86 ± 13,74 b	233,83 ± 14,12 b	5,00 ± 0,08	542,28 ± 17,93 b	108,63 ± 3,14 b	513,7 ± 27,35	102,57 ± 5,53
RES	1,29 ± 0,12	256,10 ± 0,07 a	217,53 ± 11,39 a	362,77 ± 25,38 a	313,84 ± 21,59 a	5,07 ± 0,11	604,61 ± 20,93 a	120,14 ± 3,61 a	572,62 ± 29,91	113,09 ± 5,25
AGR	1,22 ± 0,09	190,40 ± 0,08 b	170,26 ± 8,83 b	242,40 ± 15,87b	229,72 ± 15,11 b	4,80 ± 0,11	555,93 ± 18,03 ab	116,67 ± 3,51 ab	545,29 ± 25,20	115,34 ± 5,88
Valor *p*	ns	***	**	***	***	ns	*	*	ns	ns

Los valores son medias ± EE (n = 3-10). Las letras indican diferencias significativas en función de las distintas estrategias de poda de acuerdo con el test Tukey HSD (P≤ 0.05). ns, *, y *** indican no significativo y significativo a los niveles de probabilidad del 5%, y 0.1%, respectivamente. AGR: Poda agresiva; RES: Con madera de protección y respeto por el flujo de savia; VIT: Estrategia del viticultor.

Efectos de los ajustes del balance fuente-sumidero en la misma campaña y en campañas sucesivas en vid.

Johann Martínez-Lüscher[1]*, Sahap Kaan Kurtural[2]

Afiliación institucional

[1] Universidad de Navarra-BIOMA, Grupo de Fisiología del Estrés Vegetal (Unidad Asociada al CSIC, EEAD, Zaragoza).

[2] Departamento de Viticultura y Enología. Universidad de California, Davis, Estados Unidos

*Johann Martínez Lüscher: johannml@unav.es

Resumen

La vid (*Vitis vinifera* L.) se maneja para equilibrar la relación entre el área foliar (fuente) y la masa de frutos (sumidero). El objetivo de este trabajo fue estudiar los efectos acumulativos de la manipulación del equilibrio entre fuentes y sumideros en la fisiología de la vid. Plantas de 'Cabernet Sauvignon' fueron sometidas a tratamientos de defoliación (33, 66 y 100% de las hojas retenidas) y aclareo de racimos (33, 66 y 100% de los racimos retenidos) siguiendo un diseño factorial. En la primera campaña, el aclareo apenas estuvo relacionado con los sólidos solubles de la baya, mientras que en la segunda campaña estuvieron fuertemente correlacionados, lo que sugiere un posible efecto de aclimatación. Los tratamientos de defoliación tuvieron un gran impacto en el tamaño de las bayas, en el número de las bayas por racimo, sólidos solubles y el intercambio de gases de las hojas en ambos años. El efecto predominante de la defoliación se reflejó en la reducción del contenido de almidón de la raíz, su biomasa, y un retraso del envero y en la senescencia de la hoja, así como de la cosecha, que se retrasó hasta 9 semanas en el tratamiento en el que se mantuvieron el 33% de las hojas. Los niveles de antocianinas de las bayas se redujeron cuando la maduración se vio afectada. Sin embargo, los niveles de antocianinas se recuperaron en los tratamientos defoliados cuando estos alcanzaron la madurez. En una tercera campaña, en la que no se aplicaron los tratamientos, las cepas que habían sido sometidas a defoliación en temporadas anteriores tuvieron efectos claros. Equilibrar la relación fuente-sumidero es crucial para obtener una adecuada velocidad de maduración. Sin embargo, la regulación fuente-sumidero es más compleja y el efecto defoliación superó la contraprestación del aclareo de racimos.

Palabras clave: Clareo, Defoliación, Maduración de la uva, Equilibrio fuente-sumidero, Fenología.

INTRODUCCIÓN

En el cultivo de la vid (*Vitis vinifera* L.) se maneja la parte vegetativa y fructífera para equilibrar la relación entre el área foliar (fuente) y la masa de los frutos (sumidero). La relación entre la superficie de las hojas y la masa del fruto está estrechamente relacionada con la cantidad de azucares acumulados en el mosto (Naor et al., 2002). Por lo tanto, un numero de racimos excesivo o un desarrollo deficiente del dosel puede resultar en una cosecha excesiva y retrasar la maduración. La situación opuesta, bajo rendimiento, donde hay un vigor excesivo o una carga de

cultivo reducida, no es necesariamente perjudicial para la composición de la baya sin embargo puede forzar una cosecha de fruta inmadura. Por lo tanto, los rendimientos a menudo se sacrifican para equilibrar la relación fuente-sumidero a favor de la maduración de la fruta o la resistencia al frío (Gutiérrez-Gamboa et al., 2019). El objetivo de este trabajo fue estudiar la misma temporada y los efectos de acumulativos de la manipulación de las proporciones de fuente a sumidero en la fenología de la vid, el intercambio de gases de la hoja, la asignación de biomasa, la composición de la baya y los carbohidratos de la raíz.

MATERIAL Y METODOS

El experimento se realizó en la Universidad de California Davis, Oakville Experimental Vineyard (38.428, -122.409; Oakville, CA) durante las campañas 2017, 2018 y 2019. Se utilizó el Clon FPS08 de *Vitis vinifera* 'Cabernet Sauvignon' de ocho años injertado sobre portainjerto 110 Richter (*Vitis berlandieri* × *Vitis rupestris*). Las plantas estaban formadas en cordón bilateral con pulgares de un solo brote. El espacio entre hileras y plantas fue de 2,4 m × 2,0 m, respectivamente, y las hileras estaban orientadas de noroeste a sureste. Las plantas se regaron por goteo con 2 emisores autocompensados por planta que suministraban 2,0 L/h cada uno.

En 2017, todas las cepas se estandarizaron después del cuajado a 20 brotes y 30 racimos por vid, y los laterales se eliminaron antes de llevar a cabo los tratamientos de defoliación y aclareo de racimos. En 2018 se podaron todas las cepas a 24 sarmientos y se eliminaron los laterales, quedando el 100% de los racimos. Los tratamientos se aplicaron al tamaño de grano de pimienta (E-L 29). El diseño experimental fue de bloques completos al azar con factorial 3 niveles de tamaño defoliación, (manteniendo el 100%, 66% o 33% de las hojas) por 3 niveles de carga de frutos (manteniendo el 100%, 66% o 33% de las hojas) de los tratamientos. Cada combinación de tratamiento se replicó 4 veces (n= 36) y cada repetición consistió en 3 cepas. A final de 2018 se desenterraron 4 vides por tratamiento para determinar su biomasa. En 2019, después de 2 campañas de crecimiento bajo las 9 combinaciones de defoliación y aclareo de racimos, se estudiaron los efectos acumulados se podaron todos los pulgares a 2cm dejando sin tratar en vegetación libre (es decir, sin defoliaciones aclareo de racimos ni poda en verde) todas las cepas. A lo largo del experimento se registró el avance de los estadios fenológicos. Se realizaron muestreos de para determinar los niveles de carbohidratos en raíces, antocianinas en hollejo, y los parámetros de madurez como los niveles de solidos solubles y acidez del mosto.

RESULTADOS

Los resultados de dos campañas de manipulaciones del equilibrio fuente-sumidero fueron algo diferentes. En la primera campaña, la reducción de racimos apenas estuvo relacionada con los sólidos solubles de la baya, mientras que en la segunda temporada sí estuvieron fuertemente correlacionados (Figura 1), lo que sugiere un grado de aclimatación. Los tratamientos de defoliación tuvieron un gran impacto en el tamaño de las bayas, en el número de bayas por racimo, sólidos solubles totales y el intercambio gaseoso de las hojas en ambos años. El efecto predominante de la defoliación se reflejó en la reducción del contenido de almidón de la raíz, su biomasa y en el retraso del envero y de la senescencia de la hoja, así como de la cosecha, que se retrasó hasta 9 semanas en el tratamiento en el que se conservaba el 33% de las hojas. Los

niveles de antocianinas de las bayas se redujeron cuando la maduración se vio afectada. Sin embargo, los niveles de antocianinas se recuperaron en los tratamientos defoliados cuando estos alcanzaron la madurez. En una tercera campaña, en la cual las vides crecieron sin tratamientos, la defoliación de las campañas anteriores tuvo efectos de acumulados, que incluyeron una reducción del área foliar, de la cantidad de bayas por racimo, del número los racimos por cepa y del rendimiento (Tabla 1), pero no en el intercambio de gases de la hoja.

DISCUSIÓN

Los efectos observados sobre la fenología del cultivo sugieren un mayor efecto de la defoliación que de un aclareo de racimos proporcional. Sin embargo, eventos fenológicos como el desborre o la floración del año siguiente no se vieron afectados por los tratamientos. Así pues, estos estadios se han mostrado una respuesta mucho más vinculada a la temperatura que a ningún otro factor. Aunque los tratamientos implicaban un numero de hojas y racimos, el área foliar y el rendimiento fue distinto entre tratamientos nominalmente iguales. Por ejemplo, el rendimiento del tratamiento 100%L100%F fue 41% y 168% mayor con los mismos racimos que el tratamiento 33%L100%F en 2017 y 2018, respectivamente. Las diferencias nominales en área foliar y rendimiento se equilibraron en gran medida para cuando las bayas y hojas llegaron a su tamaño final. Los cambios en el tamaño de las bayas explicaron gran parte de esa variación. Por lo general, el tamaño de la baya se maneja limitando el acceso de las vides al agua. Las plantas deshojadas tuvieron con toda seguridad un menor consumo de agua y, por tanto, un mejor estado hídrico (Abad et al., 2019). Sin embargo, este mejor estado hídrico fue concomitante con una reducción del peso de la baya, lo que descarta el estado hídrico como causa. Otra forma común de manipular el tamaño de las bayas es retrasar el aclareo de los racimos, lo que fomenta una competencia de frutos al comenzar su desarrollo y hace que las bayas sean más pequeñas (Kok, 2011). Experimentos mecanísticos revelan que el crecimiento de las bayas y la importación de azúcares pueden no ocurrir uno sin el otro (Castellarin et al., 2011) y, por lo tanto, la defoliación puede haber inducido tamaños de bayas más bajos a través de una reducción en la translocación de azúcar. Los niveles de antocianinas también se vieron afectados por los tratamientos en función de la acumulación de azúcares. Este resultado está en concordancia con estudios previos que relacionan la síntesis de antocianinas con los niveles de azucares. A pesar de que los niveles de antocianinas totales se equilibraron para cuando todos los tratamientos llegaron a madurez, las diferencias cualitativas persistieron. Se ha descrito que la síntesis de ABA se ve suprimido en gran medida por la defoliación (Ren et al., 2006), lo cual podría explicar efectos complejos sobre la calidad de la uva. La biomasa radicular se vio afectada a proporción de la defoliación, y esto medio los efectos acumulados observados en la campaña 2019, en la que no se aplicaron tratamientos.

Equilibrar la relación fuente-sumidero es crucial para obtener una adecuada velocidad de maduración. Sin embargo, la tasa maduración es la consecuencia de una regulación de toda la planta más compleja en la que el número de hojas (fuerza de la fuente) superó los efectos de los frutos (fuerza del sumidero).

REFERENCIAS

Abad, F. J., D. Marín, M. Loidi, C. Miranda, J. B. Royo, J. Urrestarazu, and L. G. Santesteban. 2019. Evaluation of the incidence of severe trimming on grapevine (*Vitis vinifera* L.) water consumption. Agric. water Manag. 213:646–653. Elsevier.

Castellarin, S. D., G. A. Gambetta, H. Wada, K. A. Shackel, and M. A. Matthews. 2011. Fruit ripening in *Vitis vinifera*: spatiotemporal relationships among turgor, sugar accumulation, and anthocyanin biosynthesis. J. Exp. Bot. 62:4345–4354.

Gutiérrez-Gamboa, G., I. Díaz-Galvéz, N. Verdugo-Vásquez, and Y. Moreno-Simunovic. 2019. Leaf-to-Fruit Ratios in *Vitis vinifera* L. cv.“Sauvignon Blanc”,“Carmenère”,“Cabernet Sauvignon”, and “Syrah” Growing in Maule Valley (Chile): Influence on Yield and Fruit Composition. Agriculture 9:176. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.

Kok, D. 2011. Influences of pre-and post-veraison cluster thinning treatments on grape composition variables and monoterpene levels of *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon Blanc. J Food Agric Env. 9:22–26.

Naor, A., Y. Gal, and B. Bravdo. 2002. Shoot and cluster thinning influence vegetative growth, fruit yield, and wine quality ofSauvignon blanc’grapevines. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 127:628–634. American Society for Horticultural Science.

Ren, H., Z. Gao, L. Chen, K. Wei, J. Liu, Y. Fan, W. J. Davies, W. Jia, and J. Zhang. 2006. Dynamic analysis of ABA accumulation in relation to the rate of ABA catabolism in maize tissues under water deficit. J. Exp. Bot. 58:211–219. Oxford University Press.

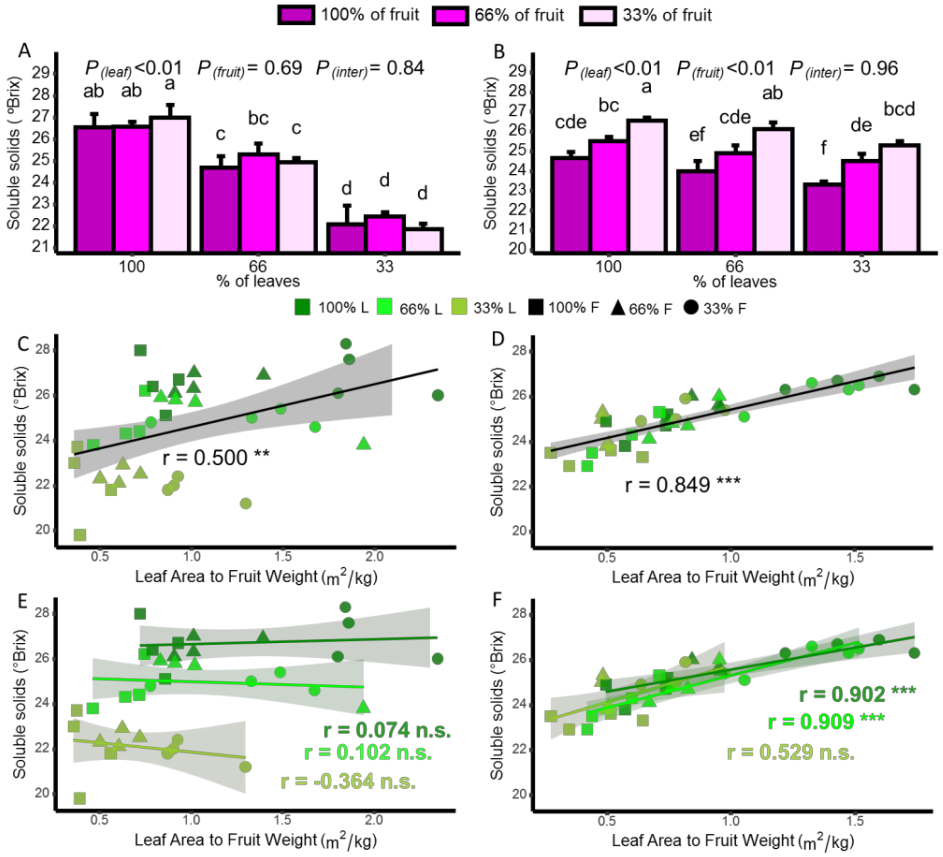
Tablas

Tabla1. Efectos acumulativos registrados en la campaña 2019 bajo crecimiento libre después de dos campañas (2017 y 2018) de tratamientos de defoliación (manteniendo el 100%, 66% y 33% de las hojas) y aclareo de frutos (manteniendo el 100%, 66% y 33% de los racimos).

Hojas retenidas	Racimos retenidos	Rendimiento por cepa (kg)		Racimos por cepa		Peso del racimo (g)		Bayas por racimo		Peso de la baya (g)		Área foliar (m^2)		AF/R ($m^2\,kg^{-1}$)		Sólidos Solubles (°Brix)	
100 %	100 %	11,4	a	92,8	ab	121,1	a	113,6	a	1,07	ab	5,21	a	0,46	ab	21,6	c
100 %	66 %	9,6	ab	91	abc	104,7	ab	95,7	ab	1,1	a	4,99	ab	0,53	ab	21,8	c
100 %	33 %	8,8	abc	101,8	a	86,4	bc	89	b	0,97	bc	4,25	abc	0,48	ab	22,3	bc
66 %	100 %	8,4	abc	89,3	abc	93,7	bc	89,1	b	1,05	ab	4,09	abc	0,49	ab	22,1	c
66 %	66 %	7,5	bcd	76,3	bcd	92,5	bc	91,7	ab	1	abc	4,03	abc	0,62	a	22,5	abc
66 %	33 %	8,3	abc	99,5	a	83,1	bc	83,5	b	1	abc	3,38	bc	0,41	b	22,2	c
33 %	100 %	5	d	67,5	d	73,7	c	73,4	b	1	abc	2,68	c	0,54	ab	23,4	ab
33 %	66 %	5,8	cd	68,5	d	85,9	bc	92,3	ab	0,93	c	3,17	c	0,54	ab	23,5	a
33 %	33 %	6,2	cd	72,8	cd	86	bc	86,6	b	1	abc	3,5	bc	0,58	ab	23,6	a
100 %		9,9	a	95,2	a	104,1	a	99,4	a	1,05	a	4,82	a	0,51	a	21,9	a
66 %		8,1	b	88,3	a	89,7	ab	88,1	ab	1,01	ab	3,83	b	0,49	a	22,3	b
33 %		5,7	c	69,6	b	81,9	b	84,1	b	0,98	b	3,12	b	0,54	a	23,5	b
	100 %	8,2	a	83,2	a	96,2	a	92	a	1,04	a	3,99	a	0,5	a	22,4	a
	66 %	7,6	a	78,6	a	94,3	a	93,2	a	1,01	a	4,06	a	0,56	a	22,6	a
	33 %	7,8	a	91,3	a	85,2	a	86,4	a	0,99	a	3,71	a	0,49	a	22,7	a
ANOVA	$P_{(Hoja)}$	**>0,001**		**>0,001**		**0,011**		0,059		0,124		**0,004**		0,467		**>0,001**	
dos vías	$P_{(Racimos)}$	0,753		0,069		0,25		0,519		0,291		0,719		0,307		0,591	
	$P_{(Interac)}$	0,497		0,659		0,128		0,135		0,21		0,565		0,411		0,81	

Figuras

Figura 1. Efectos de los tratamientos de defoliación (mantenimiento del 100%, 66% y 33% de las hojas) y aclareo de racimos (mantenimiento del 100%, 66% y 33% de los racimos) a lo largo de las temporadas 2017 (A, C y E) y 2018 (B, D y F) sobre sólidos solubles (A y B) y relaciones entre area foliar y rendimiento (LA/FM) y sólidos solubles totales entre todos los tratamientos (C y D) y dentro de cada nivel de defoliación (E y F).



Respuesta del cv. Verdejo a la variación de la densidad de pámpanos en un viñedo ecológico de la D.O. Rueda.

A. García-Bamala[1], P. Junquera[1], C. Fernández[1,2], E. Peiro [1], J.R. Lissarrague[1,2]

[1]GIVITI: Gestión Integral de Viticultura. Madrid, España.[2] Grupo de Investigación en Viticultura de la Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.

*Autores: agarcia@giviti.com; pjunquera@giviti.com

Resumen

Durante el periodo 2018-2021 se llevó a cabo un ensayo de variación de la densidad de pámpanos en un viñedo del cv. Verdejo en la D.O. Rueda, en el que se establecieron densidades de 12, 18 y 24 pámpanos por planta mediante poda de invierno y posterior despampanado. Durante los años de estudio se evaluaron el crecimiento vegetativo, los componentes del rendimiento y la composición del mosto y el vino. La carga más baja presentó el rendimiento productivo más bajo, a pesar del mayor peso del racimo, y el vigor más alto, lo que generó un microclima más denso. Contrariamente, el aumento de la carga desplazó el equilibrio vegetativo-reproductivo hacia la producción de uva, retrasando la maduración y reduciendo la concentración de potasio y nitrógeno en la uva.

Palabras clave: poda, despampanado, densidad pámpanos, viticultura ecológica, Verdejo, Rueda.

INTRODUCCIÓN

La composición de la baya, y consecuentemente la calidad del vino, vienen determinadas principalmente por el equilibrio entre el rendimiento y el desarrollo vegetativo (Howell, 2001, Kliewer y Dokoozlian, 2005) y por el microclima del dosel vegetal (Smart et al. 1990). La poda es la técnica más importante para regular la productividad de un viñedo, y permite ajustar la carga para alcanzar un buen equilibrio y mejorar la calidad de las bayas (Eynard y Gay, 1992). No obstante, existen otras técnicas para alcanzar el equilibrio manteniendo un mismo nivel de expresión vegetativa dado, como puede ser el aclareo de racimos, aunque este puede afectar fuertemente a la relación fuente-sumidero, provocando desviaciones organolépticas no deseadas en algunas variedades durante el proceso de maduración.

Por otra parte, con unas condiciones climáticas dadas, el porcentaje de yemas que brotarán varía en función del rango de inserción, el vigor, la cantidad de reservas y el número de yemas dejadas en la poda de invierno (Smart, 1985). Todo ello sumado a la tendencia de la variedad Verdejo a producir brotes de madera vieja y doble desborre, sugieren el despampanado como una técnica necesaria para regular la carga inicialmente deseada y fijar la densidad de pámpanos para así controlar el rendimiento, principalmente por disminución del número de racimos (Morris et al., 2004; Myers et al., 2008), y finalmente alcanzar el equilibrio deseado de la planta.

Por eso mismo, es necesario estudiar las implicaciones que supone la variación de la densidad de pámpanos sobre el potencial productivo y cualitativo de *Vitis vinifera* L. cv. Verdejo cultivado bajo los preceptos de la viticultura ecológica, bajo las condiciones ambientales y culturales de la D.O. Rueda.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en un viñedo ecológico de Bodegas José Pariente, situado a 762 msnm en el T.M. de La Seca (Valladolid, España), durante el periodo 2018-2021. El material vegetal utilizado fue cv. Verdejo (CL-47) injertado sobre 110-R, plantado en 2010, con un marco de plantación de 2,9 m x 1,4 m, orientación de las filas norte-sur, y conducción en espaldera. El viñedo se cultiva siguiendo las normas de producción ecológica y se riega por goteo con un dosis anual aproximada de 700 m^3/ha. El suelo en la zona de ensayo es un suelo profundo, de textura franco-arcillosa, con elevada proporción de elementos gruesos, un pH básico (8,6) y una concentración en caliza activa máxima del 14 %. El clima de la región es Mediterráneo Templado según la clasificación agroclimática de Papadakis. En la zona de ensayo, la temperatura media durante el ciclo fue de 17,5 ºC, con una Integral térmica eficaz (ITe) de aproximadamente 1640 ºC, excepto en el año 2021, donde las temperaturas fueron más suaves dando como resultado una ITe de 1528 ºC.

Se establecieron tres tratamientos experimentales consistentes de diferentes densidades de pámpanos, alcanzadas mediante la poda de invierno y el despampanado en primavera, que se replicaron tres veces en un diseño en bloques. Las densidades baja (B), media (M) y alta (A) correspondieron respectivamente a 12, 18 y 24 pámpanos por planta. Dado que la poda se hizo en doble Guyot, se combinaron varas con número de yemas variable en función del tratamiento, y pulgares de renovación de dos yemas en ambos lados, en todos los casos. Para distribuir adecuadamente las yemas en el espacio, en la carga alta se realizó un arqueado de varas.

En maduración se determinó la superficie foliar externa y el volumen ocupado por la vegetación. En vendimia se determinaron los componentes del rendimiento y la composición del mosto. Se realizaron micro-vinificaciones (Sampaio et al., 2007) con la uva de las vendimias de control, para su posterior análisis químico. En invierno se determinó el peso de madera de poda y el peso del sarmiento.

Los efectos de la carga en pámpanos y del año se analizaron mediante análisis de varianza y la comparación de medias por el test múltiple de Duncan. Se empleó el programa de análisis estadístico SPSS 15.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La reducción de la carga aumentó el peso medio del sarmiento y, por tanto, el peso de madera de poda (Tabla 1), que se vio incrementado en un 14% y 20% respecto a la carga media y alta respectivamente, alcanzando la carga baja un peso de sarmiento de 94 g.

No se observaron diferencias significativas en cuanto a superficie foliar expuesta y volumen de vegetación, aunque sí que se observó la tendencia de que la carga baja provocó un aumento del volumen de vegetación, derivado principalmente de una mayor anchura del dosel vegetal. Esto pudo ser debido a un mayor crecimiento unitario de los nietos. Por otra parte, al estar arqueadas las varas en la carga alta, probablemente los nietos se distribuyeron mejor en el espacio, evitando así un aumento importante de la anchura de la vegetación.

Las cargas baja y alta fueron las que menor y mayor rendimiento productivo presentaron respectivamente (11.192 y 14.531 kg/ha) (Tabla 2). Pese a que la carga baja presentó los valores más altos de peso de racimo (203 g/racimo), derivado fundamentalmente de un mayor peso de baya (1,71 g), y en menor medida de un mayor número de bayas por racimo (120 bayas/racimo), esto no fue suficiente para llegar a compensar la reducción de la carga de sarmientos.

En general, el aumento del número de sarmientos generó un rendimiento más alto, a pesar de la reducción del peso del racimo, tanto por el menor número de bayas como por el menor tamaño de baya. La fertilidad en racimos por sarmiento no se vio afectada como podría haberse esperado

por la modificación del microclima del dosel vegetal. Probablemente, la disposición arqueada de la vara favoreció la iluminación en el momento de la diferenciación floral, existiendo únicamente una competencia por los carbohidratos a causa de un mayor número de sarmientos. Además, el hecho de tener una vara más larga que el resto de los tratamientos, permitió trabajar con yemas de mayor rango de inserción, compensando así la posible pérdida de fertilidad.

Respecto al equilibrio vegetativo-productivo, al no haber diferencias en cuanto a superficie foliar externa, pero sí en rendimiento, la carga baja fue la que mayor superficie foliar expuesta por kg de uva presentó, incrementándose aproximadamente en un 25 % respecto a los otros tratamientos (Tabla 3). Los valores obtenidos para las cargas medias y altas podrían llegar a considerarse insuficientes en algunos casos, aunque dadas las condiciones climáticas de la D.O. Rueda, que permiten alargar el periodo de maduración, deberían de ser suficientes para alcanzar una correcta maduración siempre y cuando el follaje llegue sano al final del ciclo. Asimismo, el aumento de la densidad de pámpanos vino acompañado de un incremento del Índice de Ravaz, presentando valores extremos de 4,4 y 7,1 para la carga baja y alta respectivamente, lo que denota una tendencia hacia el desequilibrio en favor al desarrollo productivo.

La concentración de sólidos solubles totales fue superior en el tratamiento de menor carga todos los años, resultando un aumento medio de 1,2 y 1,7 º Brix respecto a la carga media y alta respectivamente (Tabla 4). Esta respuesta de las plantas está relacionada con la relación hojas a fruto más favorable para la carga baja (Tabla 3). Respecto a la acidez total, los valores descendieron en favor de la carga baja, alcanzando cifras de 6,4 g/l, mientras que los valores de pH subieron ligeramente hasta llegar a 3,36, habiéndose encontrado diferencias significativas en ambos casos y desmarcándose de los tratamientos de carga media y alta (Tabla 4). Esto podría explicarse por la modificación de la cinética de maduración, retardándose ésta cuando la carga aumentaba. En cuanto a la concentración de potasio y el nitrógeno fácilmente asimilable, solo se observó una tendencia de dilución del nitrógeno, disminuyendo a medida que aumentaba la densidad de pámpanos y el rendimiento. Los valores más elevados se obtuvieron en la carga baja, siendo esto interesante para la síntesis de tioles volátiles y de glutatión, compuestos especialmente apreciados en una variedad como el Verdejo.

La composición del vino mostró una tendencia similar a la del mosto (Tabla 5), siendo la carga baja la que mayor grado alcohólico y menor acidez total presentó, aunque sin diferencias significativas en el caso de la acidez titulable respecto al tratamiento de carga media. Llama la atención que, en la carga baja, a pesar de observarse una acidez total similar a la carga media, el pH fue significativamente más elevado. Esto pudo ser debido a una relación tartárico/málico más baja, a causa de las diferencias en el tamaño de las uvas y a modificaciones del metabolismo, afectado por las condiciones microclimáticas. Así, en cargas bajas, vigores altos y bayas grandes, habría en principio una proporción inicial tartárico/málico más baja que la situación contraria. Por un lado, tal y como se muestra en la tabla 5, la carga baja presentó la mayor concentración en ácido málico, posiblemente derivada de una menor combustión al haber presentado un microclima del dosel vegetal más denso. Por otro lado, y aunque no se ha realizado un análisis específico del ácido tartárico, es posible que, al haber presentado la carga baja un microclima menos iluminado, la producción de ácido tartárico se haya visto reducida indirectamente a causa de una menor síntesis de ácido ascórbico, precursor del ácido tartárico, proceso altamente sensible al nivel de iluminación (DeBolt et al., 2007).

Después del análisis de los resultados obtenidos, aunque haya presentado el rendimiento más bajo, no se puede asegurar que la carga baja haya aumentado la calidad de la cosecha en comparación con el resto de los tratamientos. En las condiciones de estudio, la carga baja generó un exceso de vigor, síntoma de desequilibrio y de falta de ajuste entre el número de brotes y el

potencial productivo del viñedo. En caso de ser necesaria una regulación del rendimiento, evitando en la medida de lo posible el realizar un aclareo de racimos, la reducción de la densidad de pámpanos debería acompañarse de una reducción de los aportes hídricos y nutritivos para limitar el potencial productivo del viñedo.

AGRADECIMIENTOS

Los trabajos incluidos en esta publicación se han desarrollado en el proyecto "ECOPLUSXXI" (Nuevas tecnologías aplicadas en viticultura ecológica para la producción sostenible de la variedad Verdejo en la D.O. Rueda. Ref. IDI-20190168), promovido por Bodegas José Pariente y financiado con fondos FEADER por el CDTI - Ministerio de Ciencia e Innovación.

REFERENCIAS

DeBolt, S., Melino, V., Ford, C.M. 2007. Ascorbate as a biosynthetic precursor in plants. Ann. Bot. 99, 3-8.

Eynard, I., Gay, G. 1992. Yield and quality. Proc. 8th Australian Industry and Technical Conference. Melbourne, Australia: 54-63.

Howell, G.S. 2001. Sustainable grape productivity and the growth-yield relationship: A review. Am. J. Enol. Vitic. 52: 165-174.

Kliewer, W.M., N.K. Dokoozlian. 2005. Leaf area / crop weight ratios of grapevines: Influence on fruit composition and wine quality. Am. J. Enol. Vitic. 56: 170-181.

Morris, J.R., G.L. Main, et O.L. Oswald. 2004. Flower cluster andshoot thinning for crop control in French-American hybrid grapes. Am. J. Enol. Vitic. 55:423-426.

Myers, J.K., Wolpert, J-A., Howel, G.S. 2008. Effect of shoot number on the leaf area and crop weight relationship of young Sangiovese grapevines. Americal Journal of Enology and Viticulture, 59: 422-424.

Sampaio T.L., Kennedy J.A., Vasconcelos M.C. 2007. Use of microscale fermentations in grape and wine research. Am. J. Enol. Vitic., 58: 534-539.

Smart, R.E. 1985. Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implications for yield and quality. A review. Am. J. Enol. Vitic. 36: 230-239.

Smart, R.E., J.K. Dick, I.M. Gravett, B.M. Fisher. 1990. Canopy management to improve grape yield and wine quality - Principles and practices. S. Afr. J. Enol. Vitic. 11: 3-17.

Tabla 1: Superficie foliar externa, volumen de vegetación, peso de madera de poda y peso del sarmiento. Valores medios 2018-2021.

Densidad pámpanos	**SA (m^2/ha)**	**TRV (m^3/ha)**	**Peso madera poda (kg/ha)**	**Peso sarmiento (g)**
B	8.898	2.221	2701 a	94 a
M	8.922	1.823	2377 ab	56 b
A	8.881	2.107	2247 b	41 c
Tratamiento	n.s.	n.s.	*	*
Año	*	*	*	*

SA: Superficie foliar externa; TRV: volumen de vegetación.

Tabla 2: Componentes del rendimiento. Valores medios 2018-2021.

Densidad pámpanos	Fertilidad (Rac/Sar)	Peso racimo (g)	Peso baya (g)	Nº bayas/racimo	Rendimiento (kg/ha)
B	1,87	203 a	1,71 a	120 a	11.192 b
M	1,87	173 b	1,61 b	109 a	13.976 a
A	1,88	140 c	1,54 b	92 b	14.531 a
Tratamiento	n.s.	*	*	*	*
Año	n.s.	*	*	*	*

Rac: Racimos; Sar: Sarmientos.

Tabla 3: Relaciones desarrollo vegetativo/productivo. Valores medios 2018-2021.

Densidad pámpanos	SA/Rendimiento (m^2/kg)	Índice Ravaz
B	0,85 a	4,4 b
M	0,69 b	6,3 a
A	0,67 b	7,1 a
Tratamiento	*	*
Año	*	*

SA.: Superficie foliar externa.

Tabla 2: Composición del mosto en vendimia. Valores medios 2018-2021.

Densidad pámpanos	SST (ºBrix)	AT (g TH_2/l)	pH	K^+ (ppm)	NFA (mg/l)
B	23,5 a	6,4 b	3,36 a	945	211
M	22,3 b	7,3 a	3,29 b	944	200
A	21,8 b	7,8 a	3,24 b	955	195
Tratamiento	*	*	*	n.s.	n.s.
Año	*	*	*	*	n.s.

SST: Sólidos solubles Totales; AT: Acidez Titulable, K: Potasio, NFA: Nitrógeno Fácilmente Asimilable.

Tabla 5: Composición del vino. Valores medios 2018-2021.

Densidad pámpanos	Grado Alcohólico (%vol.)	AT (g TH_2/l)	pH	Ácido málico (g/l)	Ácido láctico (g/l)
B	13,7 a	5,95 b	3,07 a	1,85 a	0,06
M	13,1 b	6,16 b	2,87 b	1,37 b	0,14
A	12,6 c	6,48 a	2,79 b	1,34 b	0,19
Tratamiento	*	*	*	*	n.s.
Año	*	*	*	n.s.	*

AT: Acidez Titulable.

¿Puede el agua disponible del suelo explicar las diferencias en el vigor y la calidad de mosto y vino? Un caso en la D.O.Ca. Rioja

F. Peregrina[1], E.P. Pérez-Álvarez[2], J.M. Martínez-Vidaurre[2], Rodrigo, E.[2], M.C. Ramos[3]
[1]Departamento de Agricultura y Alimentación, Universidad de La Rioja, Logroño, España, email de correspondencia: fernando.peregrina@unirioja.es
[2]Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC-Universidad de La Rioja-Gobierno de La Rioja), Logroño, España
[3]Departamento de Medioambiente y Ciencias del suelo, Universidad de Lleida-Centro Agrotecnio CERCA, Lleida, España

Palabras claves: agua disponible del suelo, calidad de uva y vino, estrés hídrico, cv. Tempranillo

RESUMEN

En condiciones climáticas mediterráneas, la capacidad de agua disponible del suelo (CAD) dependerá del espesor de suelo explorado por las raíces, y determinará el agua disponible de suelo (ADS) durante el desarrollo de la vid. El objetivo fue determinar la influencia del CAD en el viñedo en la Rioja. Para ello se seleccionaron dos parcelas de viñedos de cv. Tempranillo (P1 y P2), separados menos de 3,5, pero con diferente profundidad efectiva de suelo (110 cm vs 62,5 cm). En cada parcela se analizó el suelo y se determinó la CAD empleando las ecuaciones de Saxton y se simuló la evolución del ADS para cada parcela, utilizando el Modelo Viña-Suelo-Riego (VSIM), en el período 2010-2014. Los resultados fueron calibrados y validados con mediciones de agua del suelo en campo realizadas en el mismo período. Se determinaron los parámetros de vigor de la vid y se analizaron el mosto y el vino. Los resultados mostraron que la parcela P2 tenía un CAD más bajo (59,9 mm) que la parcela P1 (128,8 mm). Al expresar el ADS como % de la CAD, se observa que todos los años, la parcela P2 alcanzó un % de la CAD menor del 20%, lo que provoca estrés hídrico en el viñedo, produciéndose este a partir de dos semanas después de plena floración (I2). En la parcela P1, sin embargo, el % de la CAD no alcanzó un valor inferior al 20%. El viñedo P2 presentó menor vigor, menor producción y mayor contenido de polifenoles en mosto y vino respecto al viñedo P1. Así, el estrés hídrico en la parcela P2 podría explicar estas diferencias. En conclusión, la determinación de CAD del perfil del suelo podría ser una herramienta adecuada para definir zonas con diferencias en rendimiento, calidad de mosto y vino para las condiciones edafoclimáticas de la D.O.Ca. Rioja.

INTRODUCCIÓN

La vid es sensible al estrés hídrico durante el ciclo de crecimiento y los déficits tanto al principio como al final de la temporada reducen el rendimiento. El crecimiento de las bayas es más sensible a los déficits de agua después de la floración y si los períodos secos tienen lugar después de la formación del fruto y conducen a una disminución del agua disponible que también repercute en la calidad de la uva (Grimes y Williams, 1990). El estrés hídrico puede inducir un incremento del contenido de los antocianos y otros polifenoles (Bucchetti et al. 2011).

La capacidad de agua disponible del suelo (CAD) depende de las características del suelo y del espesor del suelo explorable por las raíces. Mientras el agua disponible del suelo (ADS)

dependerá del valor de partida de la CAD y del balance hídrico de la precipitación, la evapotranspiración del viñedo y el drenaje. En la zona de Uruñuela en la Rioja Alta, en trabajos previos se ha visto que los perfiles de suelos varían mucho en su espesor (Martínez-Vidaurre 2017), por lo que habrá diferencias entre la CAD y el ADS en esos viñedos, pudiendo afectar a la producción de uva y a la calidad de la misma.

Por tanto, el objetivo fue comparar en dos viñedos, con diferente espesor de suelo y con el mismo meso clima en el área de Uruñuela, la evolución del ADS y su relación con el vigor, la producción y la calidad de mosto y vino de esos dos viñedos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en Uruñuela, en la D.O.Ca. Rioja, en los años de 2010 a 2014, en 2 viñedos de cv. Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) injertados sobre Richter-110, situados en plataformas con pendientes < 2 %, con edades entre 20 y 35 años, marco de 1,20 x 2,70 m y orientación este-oeste. Los sistemas de conducción fueron doble cordón y Gobelet. En cada viñedo se seleccionaron tres filas adyacentes con 50 cepas. Se realizó laboreo convencional, con similar fertilización y sin riego en las dos parcelas. Se realizaron dos calicatas en cada viñedo (24 May 2010) y se determinó la profundidad efectiva (P1 110 cm y P2 56 cm), para cada horizonte se determinó el pH en agua, la C.E., en relación suelo:agua 1:5, la materia orgánica, la textura y los carbonatos totales. La CAD de cada horizonte se determinó con las ecuaciones de Saxton y Rawls (2006), la CAD del perfil fue la suma de la CAD de cada horizonte, las principales características físico-químicas se presentan en la Tabla 1. El contenido de agua del suelo fue simulado para cada parcela y año, teniendo en cuenta las propiedades del suelo y las condiciones climáticas de cada año, para ello se usó el modelo Vineyard-Soil Irrigation Model (VSIM https://sites.google.com/a/csumb.edu/vsim/). El modelo fue calibrado y validado con los datos registrados en el suelo descrito por Ramos et al. (2019).

Las parcelas se vendimiaron cuando las bayas alcanzaron el 13% v/v de grado alcohólico probable, se registró el número de racimos por cepa y el rendimiento (peso total de cosecha ha^{-1}) para calcular el peso promedio de racimos (uvas kg^{-1} cepa). En la vendimia se tomaron 400 bayas provenientes de 6 racimos de 20 vides distribuidas al azar. Se determinaron antocianos y polifenoles con el método de Ribéreau-Gayon y Stonestreet (1965). Se realizaron microvinificaciones según Sampaio et al. (2007) en las dos parcelas. En el vino se determinaron los antocianos con el método de Ribéreau-Gayon y Stonestreet (1965) y el índice de polifenoles totales (TPI) se determinó con la absorbancia a 280 nm. En postcosecha (principios de diciembre) se determinó el peso de la madera de poda de 20 cepas.

El tratamiento estadístico se realizó usando el programa STATGRAPGHICS y realizando el test de comparación de medias ANOVA empleando la menor diferencia significativa (LSD al 95 %).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La parcela P1 ha mostrado mayor vigor que la P2 en todos los años estudiados. Además, la parcela P1 tuvo mayor producción todos los años menos el año 2013, año en que las precipitaciones fueron mayores y la parcela P2 no sufrió tanto estrés durante el ciclo vegetativo. En cuanto a la calidad del mosto y vino, la parcela P1 tuvo menor contenido de polifenoles y antocianos que la parcela P2 en mosto en todos los años estudiados, y en el vino la parcela P1 tuvo menor contenido de antocianos que la parcela P2 todos los años salvo 2014 (Tabla 2).

Si expresamos el ADS como % de la CAD, se observa que la parcela P2 presentó valores menores del 20% todos los años, y que se alcanzaron estos valores menores del 20% de la CAD

dos semanas después de plena floración (I2) excepto el año 2013 que se alcanzó esos valores una semana antes del envero (M1). Un nivel del % de la CAD menor del 20% se considera que provoca estrés moderado en la vid (Pellegrino et al. 2005; van Leuween et al. 2009). Por contra la parcela P1 no alcanzó un % de la CAD menor del 20% en todo el ciclo en ningún año (Fig.1). Además, a mediados de mayo cuando comienza el descenso del % de la CAD, la parcela P1 tiene mayor % de la CAD que la parcela P2. Todas estas diferencias del % de la CAD entre las parcelas P1 y la P2 podrían explicar el menor vigor y producción y la mayor concentración de polifenoles y antocianos en el mosto y vino en la parcela P2 respecto de la parcela P1.

En conclusión, para las condiciones de la D.O.Ca. Rioja la determinación de la CAD del suelo podría explicar las diferencias de producción y calidad entre viñedos con similar mesoclima.

REFERENCIAS

Bucchetti, B., Matthews, M.A., Falginella, L., Peterlunger, E., Castellarin, S.D., 2011. Effect of water deficit on Merlot grape tannins and anthocyanins across four seasons. Sci. Hortic. (Amsterdam) 128: 297–305. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.02.003

Grimes, D.W., and L.E. Williams. 1990. Irrigation effects on plant water relations and productivity of 'Thompson Seedless' grapevines. Crop Sci. 30:255-260

Martínez Viduarre J.M. 2017. Influencia del tipo de suelo en el estado nutricional de la vid, el desarrollo vegetativo, la producción, la composición de la uva y de los vinos de la variedad Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) en el ámbito de la DOCa Rioja. Tesis doctoral, Universidad de la Rioja

Pellegrino, A., Lebon, E., Voltz, M. and Wery, J., 2005. Relationships between plant and soil water status in vine (*Vitis vinifera* L.). Plant Soil 266: 129–142. https://doi.org/10.1007/s11104-005-0874-y.

Ramos, M.C. and Martínez de Toda, F. 2019. Variability of Tempranillo grape composition in the Rioja DOCa (Spain) related to soil and climatic characteristics. J. Sci. Food. Agric. 99(3): 1153–1165. https://doi.org/10.1002/jsfa.9283

Ribéreau-Gayon, P. and Stonestreet, E. 1965 Le dosage des anthocyanes dans les vins rouges. Bull. Soc. Chim. Fr. 9 : 2649-2652.

Sampaio, T.L., Kennedy, J.A. and Vasconcelos, M.C. 2007. Use of microscale fermentations in grape and wine research. Am. J. Enol. Vitic. 58:534–539

Saxton, K.E. and Rawls, W.J. 2006. Soil water characteristic estimates by texture and organic matter for hydrologic solutions. Soil Sci. Soc. Am. J. 70:1569 – 1578.

van Leeuwen, C., Tregoat, O., Choné, X., Bois, B., Pernet, D. and Gaudillére, 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? J. Int. des Sci. La Vigne du Vin 43: 121–134

Tablas

Tabla 1. Características de los suelos de las parcelas P1 y la P2

Parcela	Densidad (Plantas ha^{-1})	Clasificación USDA 2006	pH H_2O	C.E. (dS/m)	M.O. (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	$CaCO_3$ (%)	Capacidad agua del suelo (mm)
			Horizonte Ap						Sección control
P-1	3.086	Haploxerept Fluvéntico	8,15	0,15	1,00	20,6	38,8	0,5	128,5
P-2	3.086	Palexeroll Petrocálcico	8,40	0,15	1,87	22,9	40,0	14,7	59,9

Tabla 2. Valores de vigor, producción y calidad de mosto, en añadas 2010 a 2014

Parcela	Peso 100 Bayas (g)	Peso Racimo (kg)	Uva por cepa (kg)	Madera por cepa (kg)	Mosto IPT	Mosto Antocianos	Vino IPT	Vino Antocianos
				2010				
P1	244b*	0,44b	5,54b	1,55b	13,23a	1,36a	47,10a	567a
P2	208a	0,24a	3,55a	0,71a	18,79b	1,83b	68,87b	796b
				2011				
P1	312b	0,43b	6,10b	1,75b	13,07a	1,19a	51,13a	596a
P2	245a	0,20a	2,89a	0,67a	19,22b	1,64b	68,77b	779b
				2012				
P1	314b	0,53b	7,81b	1,47b	14,83b	0,99a	49,27a	465a
P2	147a	0,15a	2,02a	0,46a	22,66c	2,47b	78,57b	1069b
				2013				
P1	270a	0,21a	3,31a	1,70b	17,32a	1,28a	63,43b	447a
P2	245a	0,21a	3,29a	0,69a	23,76b	1,64b	60,07b	630b
				2014				
P1	339b	0,51b	7,04b	1,42b	12,67a	1,23a	31,92a	542b
P2	281a	0,26a	3,81a	0,67a	17,67b	2,05b	44,82b	614b

*Letras diferentes indican diferencias significativas según el test L.S.D. al 95 %

Figuras

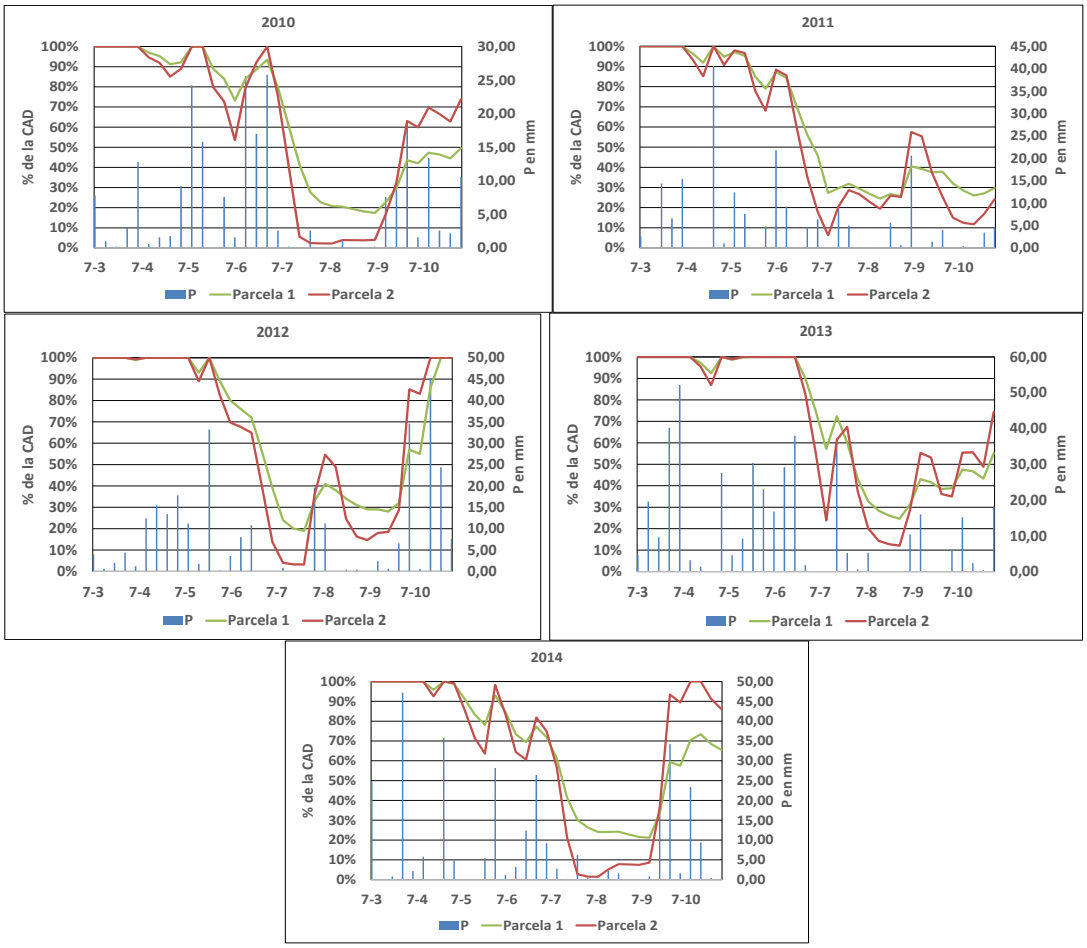


Figura 1. Evolución del % de la CAD en la parcela P1 y P2 para los años 2010 a 2014.

Evaluación de diferentes frecuencias de riego en vid para la optimización del uso de agua con el modelo SIMDualKc.

G. Esteban-Sanchez[1]*, D. Uriarte[2], L.M. Mancha[2], C. Campillo[2] y M.H. Prieto[2]

[1] Universidad de Extremadura. Av. de Elvas, s/n, 06006. Badajoz, Badajoz.

[2] Área de Agronomía de Cultivos Leñosos y Hortícolas, Instituto de Investigaciones Agrarias "Finca La Orden-Valdesequera", CICYTEX, Junta de Extremadura, Guadajira, Badajoz.

*Gonzalo Esteban Sánchez: goestebans@unex.es

Palabras clave: evapotranspiración, modelo de simulación, *Vitis vinífera L.*, coeficiente de cultivo dual.

Resumen

El rendimiento del viñedo depende en gran medida de la disponibilidad de agua. La frecuencia de aplicación del riego, que interviene en el patrón de distribución del agua en el suelo, puede jugar un papel relevante en el agua de riego utilizada por la cepa, pero este factor ha sido poco estudiado. En la actualidad, disponemos de herramientas que permiten una gestión eficiente del riego como SIMDualKc. Este software es utilizado para la planificación y programación de riego, implementando el coeficiente de cultivo dual para estimar la evapotranspiración de cultivos (ET_c) mediante balance hídrico de suelos. A través de datos de entrada de suelo, clima, cultivo, riego y otros que pueden ser añadidos para mayor precisión, es posible estimar, por separado la transpiración y la evaporación. El objetivo de este trabajo fue realizar una aproximación a la determinación del efecto de la frecuencia de aplicación del riego sobre la evapotranspiración en el viñedo utilizando el modelo SIMDualKc. En un viñedo experimental en Badajoz, se determinó las diferencias en transpiración y evaporación, de tres frecuencias de aplicación del riego: un riego cada dos semanas (F15), un riego por semana (F7), y dos riegos por semana (F3). Los resultados iniciales, muestran mayor ETc a mayor frecuencia de riego y una posible limitación en la estimación de la componente evaporativa, debidas a la caracterización del bulbo húmedo. En consecuencia, se proponen diferentes técnicas para caracterizar la fracción húmeda en el entorno de los goteros para ajustar con mayor precisión los datos que se introducen en SIMDualKc.

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad del agua es un factor que influye en gran medida en el rendimiento de un viñedo, lo cual ha sido ampliamente estudiado (Cifre et al., 2005), pero no se conocen estudios sobre la relevancia de la frecuencia de aplicación de dicho riego en el viñedo utilizando modelos de simulación como SIMDualKc.

En la actualidad existen herramientas como SIMDualKc, utilizadas para simular un balance hídrico en la cepa a través de datos de entrada como suelo, clima, cultivo, riego y otros que pueden ser añadidos para mayor precisión, permitiendo estimar, por separado la transpiración y la evaporación (Rosa et al., 2012).

En viña se ha utilizado SIMDualKc para ajustar sistemas de riego automático o ver el efecto del riego y de la cubierta vegetal en la ET_c (Cancela et al., 2015; Darouich et al., 2022; Fandiño et al., 2012; Silva et al., 2021; Zhao et al., 2018). Sin embargo, no se ha estudiado el efecto de la frecuencia de riego en la evapotranspiración.

El objetivo de este estudio fue realizar una aproximación a la determinación del efecto de la frecuencia de aplicación del riego sobre la evapotranspiración en viñedo utilizando el modelo SIMDualKc.

MATERIAL Y MÉTODOS

En 2021, en un viñedo experimental de Garnacha Tinta (*Vitis vinífera L.*) de Badajoz, se determinaron las diferencias en ET_c, de tres frecuencias de aplicación del riego: un riego cada 15 días (F15), un riego cada 7 días (F7), y un riego cada 3 días (F3). La herramienta utilizada para llevar a cabo el balance hídrico ha sido el software SIMDualKc (Rosa et al., 2012) con los siguientes datos de entrada.

-Suelo: el agua total disponible (TAW) (mm/m) según la textura propuesto por SIMDualKc de FAO56. Texturas determinadas a 0-30, 30-60, 60-90 cm de profundidad. Agua evaporable total (TEW) (mm/m) y agua fácilmente evaporable (REW) (mm/m) según la textura de los 10 cm primeros y los valores de referencia propuestos por SIMDualKc de FAO56.

-Clima: precipitación (mm), ETo-Penman Monteith (mm) la humedad relativa mínima diaria (%), velocidad del viento media diaria (m/s), la latitud (m), altitud (m) y la altura de anemómetro (m) proporcionada por la Red de Asesoramiento al Regante de Extremadura (REDAREX plus) para el ajuste de K_{cb} al clima.

-Cultivo: las etapas de crecimiento establecidas por FAO56 (seguimiento fenológico semanal). La profundidad de la raíz (m) y la altura de la planta (m). El valor p-fraction valor de referencia FAO56 para vid, variedades para producción de vino. Se establecieron los valores por defecto de fracción de cobertura de suelo (fc) derivados de los valores de Kcb ajustados a la densidad de planta según el procedimiento de FAO56.

-Riego: se establecen 3 programaciones de riego a lo largo de la campaña en las que se aplicó el mismo volumen de agua correspondiente al 30% de la ET_o (182 mm) pero distribuido en las diferentes frecuencias: Por lo tanto, el volumen de agua aplicado en cada riego y el tiempo transcurrido entre riegos en las tres frecuencias es distinto. Pero, el agua total aplicada resultó la misma utilizando las tres frecuencias distintas..

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El volumen total de riego y la precipitación fue igual para todas las frecuencias analizadas (Figura 1). Sin embargo, el modelo arrojó una evapotranspiración superior en las frecuencias más altas (F3>F7>F15).

Una vez finalizada la simulación se detectó limitación en la componente evaporativa, debida a la complejidad de caracterizar el bulbo húmedo de cada gotero. La tabla 1, muestra los diferentes coeficientes de evaporación y las evaporaciones obtenidas según las frecuencias de riego. Así, tanto el coeficiente de evaporación de precipitación (Kep), el coeficiente de evaporación de riego (Kei), el coeficiente de evaporación (Ke), como la evaporación debida a precipitación (Evap_pre), evaporación debida a riego (Evap_irrig) y evaporación total (Evap) resultaron siempre mayores en F3 que en F7 y a su vez, mayores en F7 que en F15. Estos resultados sugieren que a mayor frecuencia de riego se acumula más agua en la parte superficial (10 cm) y se obtienen mayores pérdidas por evaporación. Los resultados son salidas de SIMDualKc, sería interesante realizar validaciones del modelo futuras en campo.

No se conocen investigaciones que estudien el efecto de la frecuencia de riego en la evaporación y transpiración mediante simulación con SIMDualKc en viñedo. López-Urrea et

al., (2012) y Myburgh (2012) obtuvieron una ETc mayor con mayores frecuencias de riego, coincidiendo con nuestros resultados, sin embargo, no utilizaron SIMDualKc.
No obstante, en el modelo no se muestran diferencias en cuanto a la fracción húmeda (fw) en función de diferentes frecuencias de riego, lo cual debe afectar al tamaño de bulbo húmedo sobre todo en su fracción evaporable. No se conocen investigaciones para dimensionar la fracción húmeda real del bulbo de riego en función de las diferentes frecuencias de riego, pero se proponen diferentes técnicas a estudiar para mejorar el ajuste del modelo, algunas de las cuales podrían ser: (I) uso de cámaras térmicas en dispositivo aéreos no tripulados para caracterizaciones puntuales de fw (II) uso de sondas dieléctricas (FDR o TDR) para monitorio en continuo de fw (III) uso Tomografía Eléctrica (ERT). Estas técnicas permitirían un ajuste más preciso para el uso del modelo en SIMDualKc.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto PID2019-105039-C41, cofinanciado por fondos FEDER a través de la ESTRATEGIA AGROS y por el Ministerio de Universidades para la Formación de Profesorado Universitario (FPU20/07314).

REFERENCIAS

Cancela, J. J., Fandino, M., Rey, B. J. y Martinez, E. M. 2015. Automatic irrigation system based on dual crop coefficient, soil and plant water status for *Vitis vinifera* (cv Godello and cv Mencia). Agricultural Water Management, 151: 52-63.

Cifre, J., Bota, J., Escalona, J. M., Medrano, H. y Flexas, J. 2005. Physiological tools for irrigation scheduling in grapevine (*Vitis vinifera* L.): An open gate to improve water-use efficiency? Agriculture, Ecosystems & Environment, 106(2): 159-170.

Darouich, H., Ramos, T. B., Pereira, L. S., Rabino, D., Bagagiolo, G., Capello, G., Simionesei, L., Cavallo, E. y Biddoccu, M. 2022. Water Use and Soil Water Balance of Mediterranean Vineyards under Rainfed and Drip Irrigation Management: Evapotranspiration Partition and Soil Management Modelling for Resource Conservation. Water, 14(4).

Fandiño, M., Cancela, J. J., Rey, B. J., Martínez, E. M., Rosa, R. G. y Pereira, L. S. 2012. Using the dual-Kc approach to model evapotranspiration of Albariño vineyards (V*itis vinifera* L. cv. Albariño) with consideration of active ground cover. Agricultural Water Management, 112: 75-87.

López-Urrea, R., Montoro, A., Mañas, F., López-Fuster, P. y Fereres, E. 2012. Evapotranspiration and crop coefficients from lysimeter measurements of mature 'Tempranillo' wine grapes. Agricultural Water Management, 112: 13-20.

Myburgh, P. A. 2012. Comparing Irrigation Systems and Strategies for Table Grapes in the Weathered Granite-gneiss Soils of the Lower Orange River Region. South African Journal of Enology and Viticulture, 33(2): 184-197.

Rosa, R. D., Paredes, P., Rodrigues, G. C., Alves, I., Fernando, R. M., Pereira, L. S. y Allen, R. G. 2012. Implementing the dual crop coefficient approach in interactive software. 1. Background and computational strategy. Agricultural Water Management, 103: 8-24.

Silva, S. P., Isabel Valin, M., Mendes, S., Araujo-Paredes, C. y Cancela, J. J. 2021. Dual Crop Coefficient Approach in *Vitis vinifera* L. cv. Loureiro. Agronomy-Basel, 11(10).

Zhao, P., Kang, S., Li, S., Ding, R., Tong, L. y Du, T. 2018. Seasonal variations in vineyard ET partitioning and dual crop coefficients correlate with canopy development and surface soil moisture. Agricultural Water Management, 197: 19-33.

Tablas

Tabla 1.- Kep, Kei, Ke, Evap_pre, Evap_irrig y Evap en las distintas frecuencias de riego F3, F7 y F15 obtenida por SIMDualKc.

	F3	F7	F15
Kep	18,2	18,2	18,1
Kei	38,7	28,5	21,9
Ke	56,8	46,7	40,0
Evap_pre (mm)	68,9	68,7	68,4
Evap_irrig (mm)	222,6	150,0	106,5
Evap (mm)	291,4	218,7	174,9

Figuras

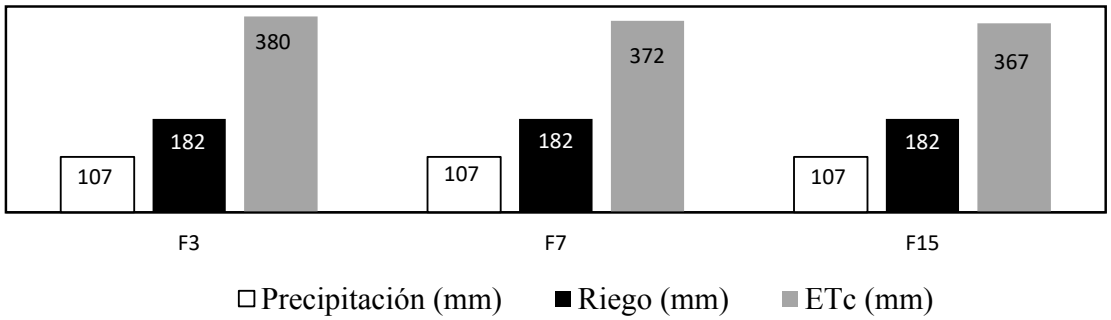


Fig. 1. Precipitación, riego y ETc en los riegos F3, F7 y F15 obtenida por SIMDualKc.

Evaluación de la dosis y del momento de aplicación foliar de urea en la composición nitrogenada de 'Tempranillo' y 'Tempranillo Blanco'

Rebeca Murillo-Peña*, Teresa Garde-Cerdán, José María Martínez-Vidaurre

Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (Gobierno de La Rioja, CSIC, Universidad de La Rioja). Ctra. de Burgos, Km 6. 26007 Logroño, La Rioja, España

rebeca.murillo@icvv.es

Resumen

La composición nitrogenada de la uva afecta directamente al desarrollo de la fermentación alcohólica y a la formación de compuestos volátiles en los vinos. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto y la eficiencia de las aplicaciones foliares de urea sobre la composición nitrogenada de la uva en dos variedades de *Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo y Tempranillo Blanco. Para ello, se realizaron aplicaciones foliares por triplicado, en dos momentos diferentes: pre-envero (Pre) y envero (Env), empleando tres dosis distintas de urea: 3, 6 y 9 kg N·ha^{-1}, durante dos campañas. La uva se vendimió en el momento óptimo de madurez tecnológica, analizándose el nitrógeno fácilmente asimilable (NFA) y la concentración de aminoácidos por HPLC. En la variedad 'Tempranillo', se observó que los tratamientos U3-Pre y U9-Env aumentaron la concentración de aminoácidos en el mosto. Y en el caso de la variedad 'Tempranillo Blanco', los tratamientos U6-Pre y U9-Env mejoraron la concentración de aminoácidos y NFA en el mosto.

Palabras clave: Aplicación foliar, urea, nitrógeno fácilmente asimilable, aminoácidos, estado fenológico.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la fermentación alcohólica está condicionado por la composición nitrogenada de la uva, ya que las levaduras necesitan nitrógeno para poder llevar a cabo dicha fermentación (Bell y Henschke, 2005). Además, las levaduras, durante la vinificación, pueden sintetizar compuestos volátiles a partir de determinados aminoácidos presentes en la uva, por lo que una mayor o menor concentración de nitrógeno va a influir en la composición aromática final de los vinos (Garde-Cerdán y Ancín-Azpilicueta, 2008).

Respecto a las aplicaciones foliares, éstas son más eficientes que el abonado realizado directamente sobre el suelo, ya que el fertilizante aplicado sobre la superficie foliar es absorbido rápidamente a través de las hojas. Por ello, esta técnica podría reducir los costes de producción y contribuir a una agricultura más sostenible, con un menor impacto medioambiental (Fernández et al., 2015). El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto y la eficiencia de las aplicaciones foliares de urea sobre la composición nitrogenada de la uva en dos variedades, 'Tempranillo' y 'Tempranillo Blanco'.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio se desarrolló en dos viñedos diferentes y durante dos añadas. El viñedo de

'Tempranillo' estaba ubicado en el municipio de Uruñuela (D.O.Ca. Rioja subzona Rioja Alta) y las aplicaciones foliares se dosificaron en los años 2018 y 2019. En el viñedo de 'Tempranillo Blanco' ubicado en la Finca de La Grajera (Logroño), que también pertenecía al ámbito de la D.O.Ca. Rioja subzona Rioja Alta, las aplicaciones se realizaron en los años 2019 y 2020. En ambos viñedos, el diseño se realizó por bloques al azar y cada uno de los tratamientos se llevó a cabo por triplicado. Las aplicaciones foliares se efectuaron en dos estados fenológicos de la vid: pre-envero (Pre) y envero (Env). En cada momento, se dosificaron mediante un pulverizador de mochila, el control y las tres dosis diferentes de urea (3, 6 y 9 kg $N \cdot ha^{-1}$: U3, U6 y U9, respectivamente). En la preparación de las disoluciones se añadió 1 $ml \cdot l^{-1}$ del surfactante Tween® 80 (Sigma-Aldrich, Madrid, España). Además, todos los tratamientos y control fueron repetidos siete días después de la primera aplicación.

En ambos casos, las uvas se vendimiaron manualmente en el momento óptimo de maduración tecnológica. Asimismo, el transporte de la uva, desde el viñedo hasta la bodega experimental del Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV), se realizó en cajas. En la bodega, las uvas se procesaron de forma diferente en función de la variedad. La uva de 'Tempranillo', se despalilló y estrujó, con una despalilladora-estrujadora, y a continuación se cogieron las muestras de mosto. En el caso de la uva de 'Tempranillo Blanco', se despalilló con una despalilladora-estrujadora, se prensó con una prensa neumática a una presión de 3-4 bares y seguidamente, se cogieron las muestras de mosto. En ambos casos, cada uno de los tratamientos y controles se procesaron por separado. Por último, cada una de las muestras se congelaron a -20 ºC para determinar posteriormente el contenido de aminoácidos.

El análisis de nitrógeno amoniacal y nitrógeno amínico se realizó en el autoanalizador enzimático MIURA (TDI, Barcelona, España). Además, el contenido de nitrógeno fácilmente asimilable (NFA) se calculó mediante la suma del nitrógeno amoniacal y el nitrógeno amínico. La determinación del contenido de aminoácidos en las bayas se realizó en un cromatógrafo UHPLC (Shimadzu Nexera X2, Kioto, Japón) equipado con un detector de fotodiodos (DAD) (Garde-Cerdán et al., 2009).

La totalidad de los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente utilizando el método de la varianza (ANOVA) y para comparar las medias se aplicó el test de Duncan con un valor de significación de 0,05. Este análisis estadístico se realizó con el programa SPSS versión 21.0 (Chicago, EE. UU.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Fig. 1 se representan los resultados obtenidos del análisis de la composición nitrogenada de las uvas de las variedades 'Tempranillo' y 'Tempranillo Blanco'.

En relación con los resultados de las uvas de 'Tempranillo' (añada 2018), se observó un aumento del contenido de aminoácidos totales sin prolina en el tratamiento U3-Pre (Fig. 1a). Sin embargo, el contenido de NFA disminuyó en las uvas de 'Tempranillo' tratadas en envero con las dosis 3 y 6 Kg $N \cdot ha^{-1}$ (Fig. 1b). En las uvas de 'Tempranillo', recolectadas en el año 2019, se observó un aumento en la concentración de aminoácidos en las uvas tratadas en pre-envero y envero con los tratamientos de 3 y 9 Kg $N \cdot ha^{-1}$ (Fig. 1c). Sin embargo, el tratamiento U3-Env fue el único que mejoró la concentración de NFA (Fig. 1d). Esta diferencia de resultados podría deberse a la influencia de diferentes factores que afectan a la absorción de la urea, como por ejemplo las condiciones climáticas de temperatura y precipitación (Porro et al., 2010). En este caso, el año 2018 fue un poco más lluvioso (600 mm) que el año 2019 (534 mm). Sin embargo, la aplicación en pre-envero de 3 Kg $N \cdot ha^{-1}$ presentó un comportamiento similar en ambos años.

Esto podría deberse a que cuando se aplica urea durante el estado fenológico comprendido entre el cierre del racimo y el envero, hay un mayor transporte de nitrógeno desde las hojas hacia los racimos, que cuando se aplica la urea desde envero a la vendimia (Porro et al., 2010). Sin embargo, no se ha observado un efecto claro sobre el contenido de NFA como describió Lasa et al. (2012), que reportó que las aplicaciones foliares de urea no tenían un efecto directo sobre el contenido de NFA en las bayas.

En los resultados de las uvas de 'Tempranillo Blanco', vendimiadas en el año 2019, se observó un incremento en la concentración de aminoácidos totales sin prolina en todos los tratamientos de pre-envero (3, 6 y 9 Kg $N \cdot ha^{-1}$) (Fig. 1e). Sin embargo, en los tratamientos aplicados en envero el tratamiento 9 Kg $N \cdot ha^{-1}$ fue el único que mejoró la concentración de aminoácidos sin prolina (Fig. 1e). En cuanto al NFA (Fig. 1f), se observó un incremento en este parámetro con los tratamientos de U6 y U9, aplicados tanto en pre-envero (Pre) como en envero (Env). En las uvas recolectadas en el año 2020, se observó un incremento en la concentración de aminoácidos totales sin prolina de las uvas que procedían de los tratamientos U6-Pre y U9-Env (Fig. 1g). Además, en la composición de NFA, se observó un incremento en los tratamientos U6-Pre y U9-Env (Fig. 1h).

En conclusión, en la variedad 'Tempranillo' se observó que la dosis más baja de 3 Kg $N \cdot ha^{-1}$ mejoró el contenido de aminoácidos, en los dos años. En cuanto a la variedad 'Tempranillo Blanco', se observó que el contenido de aminoácidos y NFA aumentaba en las uvas que se trataron con la dosis intermedia de 6 Kg $N \cdot ha^{-1}$, aplicada en pre-envero, y con la dosis más alta de 9 Kg $N \cdot ha^{-1}$, aplicada en envero. Por todo ello, se puede concluir que las aplicaciones foliares de urea mejoraron el contenido de aminoácidos en las uvas de 'Tempranillo' y 'Tempranillo Blanco'. En función de la variedad y del momento de aplicación se debería elegir la dosis más adecuada con el fin de incrementar la concentración de aminoácidos. Además, se podría considerar como una herramienta útil para la corrección de la concentración de aminoácidos en la uva directamente en el viñedo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha desarrollado gracias a los proyectos PR-03-18, PR-03-19 y PR-03- 20 cofinanciados por el Gobierno de La Rioja y fondos FEDER (UE). Además, R. M.-P. agradece al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) y al Gobierno de La Rioja su contrato predoctoral.

REFERENCIAS

Bell, S. J., y Henschke, P. A. 2005. Implications of nitrogen nutrition for grapes, fermentation and wine. Australian Journal of Grape and Wine Research 11(3): 242-295.

Fernández, V., Sotiropoulos, T., y Brown, P. 2015. Fertilización foliar. Principios científicos y prácticas de campo. Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA). Paris, Francia.

Garde-Cerdán, T., Lorenzo, C., Lara, J. F., Pardo, F., Ancín-Azpilicueta, C., y Salinas, M. R. 2009. Study of the evolution of nitrogen compounds during grape ripening. Application to differentiate grape varieties and cultivated systems. Journal of Agricultural and Food Chemistry 57(6): 2410-2419.

Garde-Cerdán, T., y Ancín-Azpilicueta, C. 2008. Effect of the addition of different quantities of amino acids to nitrogen-deficient must on the formation of esters, alcohols, and acids during

wine alcoholic fermentation. LWT-Food Science and Technology 41(3): 501-510.
Lasa, B., Menéndez, S., Sagastizabal, K., Cervantes, M., Irigoyen, I., Muro, J., Aparicio-Tejo, P. y Ariz, I. 2012. Foliar application of urea to "Sauvignon Blanc" and "Merlot" vines: doses and time of application. Plant Growth Regulation 67, 73-81.
Porro, D., Stefanini, M., Dorigatti, C., Ziller, L., Camin, F., y Policarpo, M. 2010. Nitrogen foliar uptake and partitioning in Cabernet Sauvignon grapevines. Acta Horticulturae 868: 185-190.

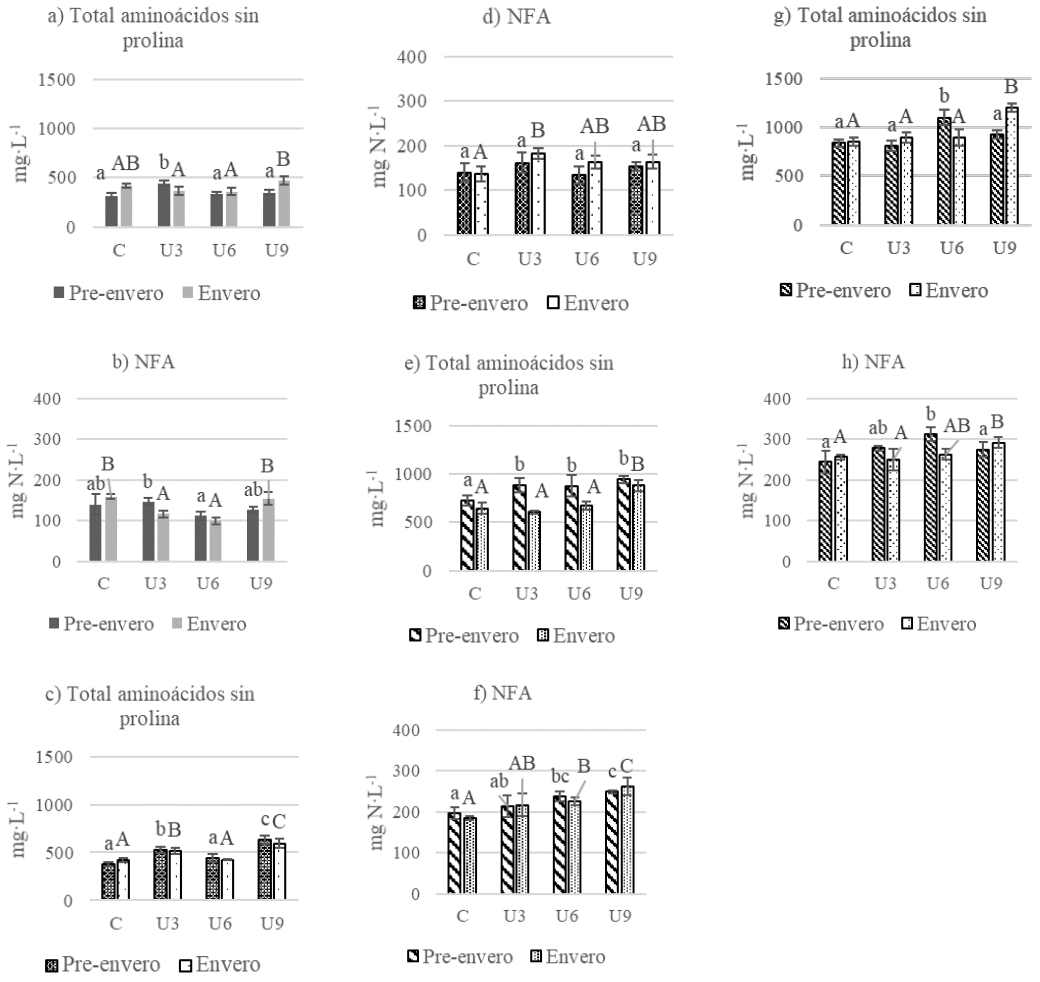


Fig. 1. Composición nitrogenada de las uvas control (C) y tratamientos con 3 kg N·ha^{-1} (U3), 6 kg N·ha^{-1} (U6) y 9 kg N·ha^{-1} (U9), en pre-envero y en envero, de las uvas de 'Tempranillo' durante el año 2018 (a y b); y el año 2019 (c y d), y en las uvas de 'Tempranillo Blanco' durante el año 2019 (e y f) y el año 2020 (g y h). En ambos casos, los tratamientos se llevaron a cabo por triplicado (n=3). Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos realizados en pre-envero y letras mayúsculas revelan diferencias significativas entre los tratamientos aplicados en envero ($p \leq 0,05$). NFA: nitrógeno fácilmente asimilable.

La aplicación de agua ozonizada a la raíz y a las hojas de cepas Tempranillo influye en la aptitud enológica de las uvas

Cebrián-Tarancón, C.[1], Sánchez-Gómez, R.[1], Serrano de la Hoz, K.[2], Salinas, M. R.[1], Alonso, G. L.[1*]

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

[2] BetterRID (Better Research, Innovation and Development, S.L.), Carretera de Las Peñas (CM-3203), Km 3.2, Campo de Prácticas-UCLM, 02071 Albacete, España

[*]*Autor/a: gonzalo.alonso@uclm.es*

Resumen

Se ha realizado un estudio sobre el efecto que la aplicación de agua ozonizada a vides de la variedad Tempranillo cultivada en Castilla-La Mancha tiene sobre la aptitud enológica de la uva. El agua ozonizada puede considerarse como un producto fitosanitario de baja estabilidad que no deja residuos al transformase rápidamente en oxígeno después de realizar su acción germicida. Crea un estrés oxidativo en la planta que puede repercutir en la calidad de la uva, y que es dependiente de factores como la variedad, el tipo de aplicación, el momento y la dosis. Los tratamientos que se han realizado en el presente estudio han sido de riego y combinando riego y pulverización foliar en tres momentos de desarrollo del fruto: cuajado, al comienzo del envero y durante la maduración. Los resultados han puesto de manifiesto, respecto a las vides control, un retraso de la madurez tecnológica, lo cual es interesante cuando las condiciones climáticas pronostican un adelanto de las fechas de vendimia. Además, se logró una mejora en los valores de los parámetros indicadores de la madurez fenólica de las uvas y en las características cromáticas de los mostos.

Palabras clave: color, madurez tecnológica, madurez fenólica, riego, pulverización foliar.

INTRODUCCIÓN

El agua ozonizada es una herramienta interesante para ser utilizada como fitosanitario capaz de sustituir o reducir los productos tradicionales usados en agricultura. Consiste en una disolución de ozono en agua, de baja estabilidad (20 a 30 minutos a 20 ºC), dependiendo del pH); por ello se prepara en el momento de la aplicación mediante el uso de generadores de ozono. Posee una potente acción germicida, tras la cual se descompone en oxígeno sin dejar residuos, por lo que se utiliza en agricultura ecológica. En viticultura cada vez es mayor su uso, pues se ha demostrado que es eficaz para eliminar la carga fúngica de las vides cuando se aplica mediante pulverizaciones foliares, y también puede inducir un retraso en la madurez tecnológica de la uva e influir en su perfil sensorial (Modesti et al., 2019). En concreto, en vides de Bobal, se puso de manifiesto que pulverizaciones foliares de agua ozonizada afectaron al grado alcohólico probable, a la acidez total de la baya y favorecieron la acumulación de antocianinas, pero disminuyeron su extractabilidad (Campayo et al,, 2019, 2020). También se ha observado que mediante tratamientos en los que se combinaron pulverizaciones foliares e irrigación en cepas de Cabernet-Sauvignon se consiguió una mejora del color y un aumento de la concentración de los compuestos fenólicos de las uvas en el momento óptimo de vendimia

(García-Martínez et al., 2020). Recientemente, empleando microvides como planta modelo, se ha demostrado que el agua ozonizada aplicada en las hojas sobreexpresó genes implicados en el desarrollo de las paredes celulares y en la síntesis de metabolitos secundarios (Campayo et al., 2021), lo cual justifica los anteriores efectos descritos. No obstante, el tipo y número de aplicaciones de agua ozonizada, así como el momento de aplicación y, especialmente, el cultivar sobre el que se aplique, tiene un papel decisivo en la aptitud enológica de la uva. Hasta el momento, no se conoce el efecto del agua ozonizada sobre la aptitud enológica de uvas de la variedad Tempranillo, a pesar de ser la vinífera tinta más cultivada en España. Por ello, el objetivo de este trabajo es abordar dicho estudio, en el que las aplicaciones se realizarán mediante riego por goteo (TR) y en combinación con su pulverización foliar (TR+P), empleando vides Tempranillo cultivadas en Castilla-La Mancha, donde su denominación habitual es Cencibel.

MATERIAL Y MÉTODOS

En una misma parcela, durante la cosecha de 2016 se seleccionaron 15 cepas distribuidas en 5 subparcelas de cv. Tempranillo (*Vitis vinífera L.*), cada una de ellas constituida por 3 cepas convenientemente separadas, de las cuales una fue usada como control (CN), otra para el tratamiento de riego (TR) y otra para el tratamiento combinado de riego y pulverización (TR+P). Con la ayuda de un generador de ozono, en el mismo lugar de la aplicación, se preparó a primera hora de la mañana la disolución de agua ozonizada hasta alcanzar un potencial redox de 875 ± 25 mV que se mantuvo constante durante todas las aplicaciones. El tratamiento por riego (TR) consistió en aplicar 20 L/cepa en tres momentos del ciclo vegetativo: después de cuajado, comienzo del envero y durante la maduración. El tratamiento combinado (TR+P) consistió en, además de aplicar el agua ozonizada mediante riego, la pulverización de 300 mL de la disolución sobre la parte aérea de la cepa en los mismos momentos indicados que para el riego. Todos los tratamientos se vendimiaron cuando las uvas control alcanzaron el mayor valor del ratio ºBaumé/acidez total y se evaluó su potencial enológico mediante el análisis en triplicado de los parámetros enológicos clásicos según lo Métodos Oficiales de la UE (peso de 100 bayas, ºBé, pH y acidez total), y la madurez fenólica según Saint-Cricq et al. (1998), empleando el pH de 3,4 para la determinación de antocianos extraíbles por ajustarse mejor a nuestras uvas, y los colorimétricos del mosto según Glories (1984). Los datos se sometieron a un análisis de la varianza (ANOVA) empleando el paquete estadístico SPSS versión 23.0 para Windows (SPSS, Chicago, IL, USA). Las diferencias entre medias se compararon usando el test de Tukey al 95% de intervalo de confianza ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El peso medio de la baya fue menor en el tratamiento combinado. Las uvas de los tratamientos con aplicación de agua ozonizada presentaron menores valores de sólidos solubles, acidez total y mayores de pH, en especial TR (Tabla 1). Ello condujo a mayores ratios ºBé/AT en las uvas de cepas tratadas que en las control, Por tanto, tomando como referencia éstas últimas, parece que los tratamientos de agua ozonizada producen un retraso de la madurez tecnológica, más importante en el caso de TR.

En la Tabla 2 se muestran los resultados de los parámetros colorimétricos de los mostos. El mayor valor de intensidad colorante (IC) se observó en los TR y el menor de tonalidad (T) en TR+P, lo que sugiere una mejor calidad cromática de los mostos procedentes de la combinación

de los tratamientos.

Los parámetros de madurez fenólica se muestran en la Tabla 3. Se registró un aumento significativo del IPT y del contenido de antocianos totales en las uvas de los tratamientos de agua ozonizada respecto a las uvas control, lo que pone de manifiesto una activación del metabolismo secundario de la planta, posiblemente como respuesta a un estrés oxidativo. Además, la extractabilidad antociánica mejoró con los tratamientos, lo que indica que éstos compuestos pasarían al mosto durante la vinificación más fácilmente, en especial en el caso de TR. En este tratamiento no se vería afectada la extractabilidad de los polifenoles de la pepita, pero habría un mayor riesgo de tanicidad en los vinos de las uvas del tratamiento TR+P.

Por tanto, los dos tratamientos estudiados en Tempranillo con agua ozonizada, además de su efecto fitosanitario, podrían producir un retraso de la madurez tecnológica, lo cual es interesante cuando las actuales condiciones climáticas pronostican adelantos de la fecha de vendimia. Además, simultáneamente, proporcionarían uvas capaces de proporcionar vinos con mejor color y aptitud fenólica.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación recibida para el proyecto INNTER-ECOSANVID 2015 (FEDER-CDTI, EXP:00093497/ITC-20151026).

REFERENCIAS

Campayo, A., Serrano de la Hoz, K., García-Martínez, M. M., Sánchez-Martínez, J. F., Salinas, M. R., Alonso, G. L. 2019. Spraying ozonated water on Bobal grapevines: effect on grape quality. Food Res. Int. 125(July).

Campayo, A., Serrano de la Hoz, K. García-Martínez, M.M., Salinas, M.R., Alonso, G.L. 2020. Spraying ozonated water on Bobal grapevines: effect on wine quality. Biomolecules 10(2):1–20.

Campayo, A., S. Savoi, C. Romieu, A. J. López-Jiménez, K. Serrano de la Hoz, R. Salinas, L. Torregrosa, and G. L. Alonso. 2021. The application of ozonated water rearranges the transcriptome of the *Vitis Vinifera* L. Fruit. Scientific Reports, 11(1), article number 8114.

EU Official Methods for Wine Analyses, Regulation 440/2003; European Commission: Brussels, Belgium, 2003. 42.

García-Martínez, M. M., Campayo, A., Carot, J.M., Serrano de la Hoz, K., Salinas, M. R., Alonso, G.L. 2020. Oenological characteristics of *Vitis Vinifera* L. Cabernet Sauvignon grapes from vineyards treated with ozonated water. Aust. J. Grape Wine Res. Article number 12454. 26(4):388–98.

Glories, Y. 1984. La couleur des vins rouges. Les equilibres des anthocyanes et des tanins. Connaiss. Vigne Vin. 18:195–217.

Modesti, M., Baccelloni, S., Brizzolara, S., Aleandri, M.P., Bellincontro, A., Mencarelli, F., Tonutti, P. 2019. Effects of treatments with ozonated water in the vineyard (cv Vermentino) on microbial population and fruit quality parameters. BIO Web Conf., 13, 04011.

Saint-Cricq de Gaulejac, N.; Vivas, N.; Glories, Y.1998. Maturité phénolique: Définition et contrôle. Revue Française d'Oenologie

173:22–25.

Tablas

Tabla 1.- Parámetros enológicos convencionales de las uvas Tempranillo asociados a la madurez tecnológica en el día de la vendimia.

Tratamiento	P100 bayas (g)	ºBé	pH	AT (g·L^{-1} de ácido tartárico)	ºBé/AT
CN	179,05 ± 6,72 b	13,95 ± 0,02 c	3,89 ± 0,01 b	4,51 ± 0,01 c	3,09 ± 0,03 a
TR	187,85 ± 2,47 b	13,69 ± 0,01 a	3,90 ± 0,01 c	3,90 ± 0,01 a	3,51 ± 0,09 b
TR+P	161,18 ± 9,45 a	13,78 ± 0,01 b	3,86 ± 0,01 a	3,97 ± 0,01 b	3,47 ± 0,11 b

CN: Control, sin tratamiento; TR: Tratamiento por Riego; TR+P: Tratamiento Riego+Pulverización; ºBé: grados Baumé; AT: Acidez Total. Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba HSD Tukey ($p \leq 0,05$). Los valores se muestran con sus desviaciones estándar (n=5).

Tabla 2.- Parámetros colorimétricos de los mostos Tempranillo en el día de la vendimia.

Tratamiento	A420 (nm)	A520 (nm)	A620 (nm)	IC	T
CN	0,715 ± 0,014 a	0,559 ± 0,013 a	0,371 ± 0,011 a	1,644 ± 0,016 a	1,279 ± 0,011 b
TR	0,756 ± 0,035 b	0,583 ± 0,018 ab	0,376 ± 0,015 a	1,714 ± 0,048 b	1,297 ± 0,021 b
TR+P	0,726 ± 0,013 a	0,593 ± 0,014 b	0,384 ± 0,012 b	1,703 ± 0,025 ab	1,226 ± 0,027 a

CN: Control, sin tratamiento; TR: Tratamiento por Riego; TR+P: Tratamiento Riego+Pulverización; IC: intensidad colorante; T: Tonalidad. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba HSD Tukey (p≤0,05). Los valores se muestran con sus desviaciones estándar (n=5).

Tabla 3.- Parámetros enológicos de las uvas Tempranillo asociados a la madurez fenólica en el día de la vendimia.

Tratamiento	IPTpH1	IPTpH3,4	ApH1 (mg.L^{-1})	ApH3,4 (mg.L^{-})	%EA	%MP
CN	36,94 ± 0,01 a	27,61 ± 0,01 a	320,63 ± 0,40 a	199,94 ± 0,01 a	37,64 ± 0,08 c	71,04 ± 0,01 a
TR	41,38 ± 0,01 c	30,15 ± 0,01 b	330,48 ± 0,01 c	218,38 ± 0,01 c	33,92 ± 0,01 a	71,02 ± 0,01 a
TR+P	40,85 ± 0,01 b	32,06 ± 0,14 c	321,90 ± 0,24 b	207,52 ± 0,01 b	35,55 ± 0,01 b	79,69 ± 0,01 b

CN: Control, sin tratamiento; TR: Tratamiento por Riego; TR+P: Tratamiento Riego+Pulverización; IPT: índice de polifenoles totales; A: antocianos totales; %EA: extractabilidad antociánica; %MP: madurez de pepita. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba HSD Tukey (p≤0,05). Los valores se muestran con sus desviaciones estándar (%) (n=5).

Respuesta hídrica y fisiológica del cv. Verdejo al deshojado temprano, en condiciones hídricas poco limitantes, en diferentes momentos del día, en la D.O. Rueda

Jesús Yuste* y Daniel Martínez-Porro

Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. Ctra. Burgos km 119, 47071 Valladolid
*E-mail: yusbomje@itacyl.es

Resumen

El deshojado temprano, aplicado en torno al estado de floración, generalmente como técnica de control del rendimiento y de mejora de la sanidad de la uva, puede orientarse a incrementar la calidad del vino. El conocimiento de sus posibles efectos hídricos y fisiológicos en el cv. Verdejo puede ayudar a comprender su comportamiento agronómico.

A lo largo del periodo 2016-2018 se estudió la respuesta hídrica y fisiológica del viñedo, a través de medidas de potencial hídrico a las 7, 9, 11 y 12 hs (hora solar) y de conductancia estomática, transpiración y fotosíntesis neta a las 9 y 12 hs, a la aplicación de deshojado basal en floración, suprimiendo 8 hojas adultas en todos los pámpanos. El ensayo se llevó a cabo con cv. Verdejo, sobre 110R, conducido en espaldera, en la D.O. Rueda, en un régimen de cultivo con riego del 30% de ET_o.

El potencial hídrico mostró valores similares en el Testigo y en el Deshojado, sin diferencias estadísticamente significativas. Las escasas diferencias observadas cambiaron de signo, entre el Deshojado y el Testigo, con una frecuencia más favorable al Testigo en 2016 y más favorable al Deshojado en 2017, con mayor similitud entre tratamientos en 2018. Las diferencias no superaron la magnitud de 0,1 MPa. Las tasas de intercambio gaseoso (G_s, E, A_n), tanto a las 9 como a las 12 hs, tampoco mostraron en general diferencias estadísticamente significativas. Se observaron algunas ligeras diferencias entre tratamientos, que fueron más frecuentemente favorables al Testigo en 2016 a las 9 hs y en 2017 a las 12 hs, pero más favorables al Deshojado en 2018 a las 9 y, sobre todo, a las 12 hs. El potencial hídrico y las tasas unitarias de intercambio gaseoso no discriminaron en general el tratamiento de Deshojado aplicado al inicio de floración con respecto al Testigo.

La utilidad agronómica perseguida con el deshojado, generalmente para aligerar la compacidad y el peso del racimo, así como su aireación y luminosidad, no tiene por qué ser puesta en entredicho en cuanto a los aspectos hídrico o fisiológico en Verdejo en condiciones de cultivo con riego deficitario durante el verano.

Palabras clave: conductancia, fotosíntesis, potencial hídrico, transpiración, vid.

INTRODUCCIÓN

El deshojado temprano, aplicado generalmente un poco antes de alcanzarse el estado fenológico de floración, ha sido concebido mayormente como una técnica de control del rendimiento y de mejora de la sanidad de la uva, orientada al objetivo final de incrementar la calidad del vino. El efecto inmediato del deshojado temprano se basa esencialmente en la relación funcional existente entre el potencial productivo y la disponibilidad de azúcares en el momento de la floración (Diago 2010).

Los trabajos sobre el deshojado temprano se iniciaron en viñedos de variedades tintas, como Sangiovese y Trebbiano (Poni *et al*. 2006), mostrando que la eliminación de 4 a 6 hojas de la

parte basal del pámpano en floración limita el cuajado o el desarrollo inicial de la baya, y así, su tamaño final, dando lugar a racimos de menor peso y menos compactos, de mayor calidad, en cuanto al incremento de la concentración de azúcares, antocianos y polifenoles totales. Además, dicha intervención reduce la incidencia de *Botrytis cinerea* y otras enfermedades, mejorando la sanidad del viñedo y la uva (Smith y Centinari 2019).

El deshojado ha sido estudiado en diferentes variedades tintas y zonas vitícolas, habiéndose hallado resultados variables según las condiciones de los ensayos. Diago (2010) observó que el deshojado precoz en ′Tempranillo′, ′Graciano′ y ′Mazuelo′ redujo significativamente la tasa de cuajado y el peso del racimo, obteniendo racimos más sueltos, con menos bayas que eran de menor o igual peso, pero con mayor ratio hollejo/pulpa. Las cepas mostraron un crecimiento vegetativo compensatorio, manteniendo o aumentando la relación hojas/frutos, pero con mayor porosidad del canopy y mejor exposición de racimos. La uva mejoró en cuanto a madurez tecnológica y fenólica y a calidad organoléptica.

La magnitud de los efectos en el viñedo puede variar según la variedad y las condiciones de aplicación del deshojado (estado fenológico, intensidad) y de cultivo, como han puesto de manifiesto diversos trabajos (Arrillaga 2017, López *et al*. 2018, Poni *et al*. 2009, Rodríguez *et al*. 2015, VanderWeide *et al*. 2020).

La aplicación de deshojado precoz en variedades blancas ha sido poco estudiada, centrándose mayormente en la incidencia sobre el potencial aromático de la uva (Vilanova *et al*. 2018). En La Rioja se ha trabajado con ′Tempranillo blanco′ (García-Escudero *et al*. 2011), así como con ′Viura′ y ′Alarije′ (Martínez *et al*. 2016), observándose que esta práctica permite el control del potencial productivo a través de la disminución del número de bayas por racimo y del peso de baya, es decir, limitando el peso del racimo. Asimismo, se encontró un incremento en la concentración de azúcares, pH y potasio, sin afectar de forma significativa al nivel de acidez total. No obstante, dichos autores llaman la atención sobre el inconveniente que puede suponer la posible reducción de acidez, sobre todo a través del ácido málico, y el aumento del pH en variedades de bajo potencial de acidez.

Los estudios sobre deshojado precoz apenas han incidido en los efectos hídricos y fisiológicos que pueden derivarse de su aplicación. Poni *et al*. (2008) evaluaron el intercambio de gases en cv. Sangiovese, mostrando una reducción global de tasa de fotosíntesis neta en las cepas deshojadas frente a las no deshojadas, pero un aumento de la tasa unitaria en las cepas sometidas a deshojado, justificando así la mayor concentración de carbohidratos disponibles para la maduración de la uva en éstas. El conocimiento de la respuesta hídrica y fisiológica foliar puede facilitar la comprensión del funcionamiento agronómico del viñedo y de su repercusión vegetativa y cualitativa, generando así más posibilidades de adaptación para optimizar el proceso de maduración de la uva.

Teniendo en cuenta la posible utilidad del deshojado precoz para el control del rendimiento, a la par que para la mejora sanitaria del viñedo, ante la inexistencia de trabajos específicos previos, se planteó su aplicación en la variedad blanca Verdejo, en condiciones de riego deficitario (30% ETo) que eviten la restricción hídrica drástica al viñedo, en la D.O. Rueda, ubicada en el centro del valle del río Duero. El objetivo específico fue evaluar sus posibles efectos hídricos y fisiológicos, a través de medidas de potencial hídrico y de intercambio de gases (Gs, E y An) en distintas horas del día, como aspecto básico para profundizar en el estudio de la respuesta global del viñedo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante el periodo 2016-2018 en Medina del Campo (Valladolid), en un viñedo del Grupo Yllera S.L., dentro de la D.O. Rueda. Las coordenadas del ensayo son 41º21'02''N y 4º56'16''O. Las cepas, plantadas en 2006, son del cv. Verdejo, injertadas sobre 110R. El marco de plantación es de 2,60 m x 1,25 m (3.077 cepas /ha). Las cepas son conducidas en espaldera, con cordón Royat bilateral y posicionamiento vertical de la vegetación. La orientación de filas es NNO (N-25º). La carga de poda fue de 16 yemas por cepa, en pulgares de 2 yemas. Se aplicó poda en verde cada año, tras el período de riesgo de helada primaveral, para el ajuste de la carga de pámpanos.

El suelo del ensayo es profundo, con un horizonte superior de textura arcillosa, y una suave pendiente en dirección Este-Oeste y buen drenaje en general. El cultivo del viñedo se llevó a cabo mediante un régimen hídrico con riego del 30% de ET_o desde el estado fenológico de tamaño guisante hasta la vendimia.

Se aplicó un tratamiento de deshojado basal precoz o defoliación (D) en el inicio de la fase de floración, suprimiendo 8 hojas adultas, en todos los pámpanos, para su comparación frente a un tratamiento testigo (T). El diseño experimental fue en bloques al azar, con 4 repeticiones de 20 cepas de control por parcela elemental. Se efectuaron medidas de potencial hídrico, mediante cámara de presión tipo Scholander a las 7, 9, 11 y 12 hs (hora solar), así como de intercambio de gases, mediante instrumento IRGA (Li-COR 6400), con frecuencia mínimamente quincenal, a las 9 y 12 hs, en 2 hojas adultas (en 2 cepas diferentes) expuestas al sol de cada repetición. Se llevó a cabo el análisis estadístico de los resultados en cada fecha y hora de medida mediante análisis de varianza (ANOVA).

Los datos medios anuales y estacionales de temperatura y lluvia, así como de riego, del periodo 2016-2018, se recogen en la Tabla 1.

RESULTADOS

Potencial hídrico en 2016 (Tabla 2). El potencial hídrico medido en 2016, mostró, a todas las horas de medida -9, 11 y 12 hs-, valores similares entre tratamientos. No obstante, se puede mencionar que el tratamiento Testigo mantuvo una tendencia con valores ligeramente menos negativos que el Deshojado a partir de la 2ª semana de agosto, mayormente en la medida del potencial de tallo, a las 12 hs. Únicamente se observó una diferencia favorable al Deshojado, de tan solo 0,03 MPa, en la medida del potencial a las 9 hs en la 4ª semana de agosto. Las diferencias entre ambos tratamientos, favorables al Testigo en general, prácticamente no superaron la magnitud de 0,1 MPa, situándose en la mayoría de los casos en una variación que no superó 0,05 MPa.

Potencial hídrico en 2017 (Tabla 2). Las medidas de potencial hídrico en 2017 tampoco mostraron diferencias notables entre tratamientos a las diversas horas de medida -7, 9, 11 y 12 hs-. Sin embargo, a las 7 hs se observó una tendencia del tratamiento Testigo a presentar valores ligeramente menos negativos que el Deshojado hasta la 1ª semana de agosto, invirtiéndose dicha tendencia desde la 3ª semana de agosto. A las 11 y a las 12 hs el tratamiento Deshojado mostró valores ligeramente favorables frente al Testigo a partir de la 2ª semana de agosto, además de la 1ª semana de julio a las 12 hs, resultando la diferencia estadísticamente significativa a las 12 hs en la 2ª semana de septiembre. Las diferencias observadas entre ambos tratamientos prácticamente no llegaron a la magnitud de 0,1 MPa, situándose en general en una variación no superior a 0,05 MPa.

Potencial hídrico en 2018 (Tabla 2). El potencial hídrico en 2018 mostró valores bastante similares entre tratamientos, mayormente en la medida de las 7 hs, sin diferencias estadísticamente significativas en ningún caso. A las 9 y a las 11 hs se alternaron los valores entre ambos tratamientos, sin superar la diferencia de 0,05 MPa. A las 12 hs, el potencial de tallo fue muy similar durante julio y agosto en ambos tratamientos, pero en las dos medidas de septiembre el Deshojado mostró valores ligeramente superiores al Tetigo. En ningún caso las diferencias observadas superaron 0,05 MPa.

G_s, E y A_n en 2016 (Tabla 3). Las tasas de intercambio gaseoso (G_s, E, A_n) medidas tanto a las 9 como a las 12 hs en 2016 no mostraron valores significativamente diferentes entre los tratamientos Deshojado y el Testigo, excepto en la medida de las 12 hs en la 1ª quincena de agosto, en que la tasa de fotosíntesis (A_n) fue estadísticamente favorable al Testigo. A las 9 hs los valores del tratamiento Testigo fueron en general algo más altos que los del Deshojado, sobre todo en la tasa de Gs. A las 12 hs, las tasas fisiológicas también fueron algo mayores en el Testigo que en el Deshojado a partir de la 1ª quincena de agosto, mientras que en la 2ª quincena de julio ocurrió lo contrario, aunque las diferencias entre ambos tratamientos no fueron muy pronunciadas.

G_s, E y A_n en 2017 (Tabla 3). Las medidas de intercambio gaseoso (G_s, E, A_n) realizadas tanto a las 9 como a las 12 hs en 2017 tampoco mostraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. A las 9 hs se alternaron valores ligeramente más altos entre el Deshojado y el Testigo, mientras que a las 12 hs los valores fueron ligeramente superiores en el Testigo que en el Deshojado en la 2ª quincena de agosto, sin una tendencia definida hasta dicha fecha de medida, con variaciones entre tratamientos de escasa cuantía.

G_s, E y A_n en 2018 (Tabla 3). Las tasas de intercambio gaseoso (G_s, E, A_n) medidas en 2018, tanto a las 9 como a las 12 hs, presentaron en general valores ligeramente más altos en el tratamiento Deshojado que en el Testigo, sobre todo en cuanto a G_s y E, excepto en la 2ª quincena de agosto a las 9 hs, en que las tasas de G_s y An resultaron favorables al Testigo, siendo estadísticamente significativa la diferencia en la tasa de A_n. A las 12 hs, la tendencia del Deshojado a presentar valores ligeramente más altos que el Testigo, sobre todo en G_s y E, fue más constante que a las 9 hs, aunque las diferencias observadas entre tratamientos no fueron estadísticamente significativas.

CONCLUSIONES

El potencial hídrico medido a distintas horas del día, según diversas metodologías, mostró en general valores similares en el tratamiento Testigo y en el tratamiento Deshojado, sin diferencias estadísticamente significativas entre ambos, en las condiciones de riego deficitario mantenidas. Las escasas diferencias observadas cambiaron de signo, entre Deshojado y Testigo, con una frecuencia más favorable al Testigo en 2016 y más favorable al Deshojado en 2017, mayormente a partir de la 2ª semana de agosto, con mayor similitud entre tratamientos en 2018. Las diferencias observadas no superaron la magnitud de 0,1 MPa, situándose en la mayoría de los casos en una variación que no sobrepasó 0,05 MPa.

Las tasas de intercambio gaseoso (G_s, E, A_n), tanto a las 9 como a las 12 hs, tampoco mostraron en general diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Se observaron algunas ligeras diferencias entre tratamientos, que fueron más frecuentemente favorables al Testigo en 2016 a las 9 hs y en 2017 a las 12 hs, pero más favorables al Deshojado en 2018 a las 9 y, sobre todo, a las 12 hs. En todo caso, las diferencias observadas entre tratamientos fueron de escasa cuantía.

Los resultados observados en las medidas de potencial hídrico y en las tasas unitarias de

intercambio gaseoso en diferentes momentos del día no han discriminado en general el tratamiento de Deshojado aplicado al inicio de floración con respecto al Testigo. Por tanto, la posible utilidad agronómica perseguida con el deshojado precoz, generalmente para aligerar la compacidad y el peso del racimo, así como su aireación y luminosidad, no tiene por qué ser puesta en entredicho desde el punto de vista hídrico o fisiológico en el cv. Verdejo cultivado en condiciones de riego deficitario durante el verano.

AGRADECIMIENTOS

A la financiación de proyecto RTA2014-00049-C05-01, proyecto PID2019-105039RR-C42 y fondos FEDER –Junta de Castilla y León- y la colaboración de A. Vicente y el Grupo Yllera.

REFERENCIAS

Arrillaga, L. 2017. Aplicación de técnicas para reducir la compacidad del racimo de la variedad Tannat y análisis de sus efectos sobre el rendimiento, la sanidad y la composición de la baya. Tesis de Ingeniería agronómica, Univ. Rep. Uruguay, 135 p.

Diago, M.P. 2010. Estudio y desarrollo del deshojado precoz como técnica para el control del rendimiento productivo de la vid (*Vitis vinifera* L.). Efectos sobre el desarrollo vegetativo, los componentes de la producción, así como sobre la composición y la calidad de la uva y del vino. Tesis doctoral, Universidad de La Rioja, 314 p.

García-Escudero, E., Martínez, J. y López, D. 2011. Control del rendimiento en Tempranillo Blanco mediante deshojado y aclareo de racimos. Vida Rural 325: 34-40.

López, S., Chirivella, C., Aleixandre-Tudó, J.L. y Aleixandre, J.L. 2018. Influencia del deshojado sobre la calidad de los vinos tintos y rosados de Bobal en la D.O. Utiel-Requena. Enoviticultura 54: 4-17.

Martínez, J., Gonzalo, A., Terroba, E., Baroja, E. y García-Escudero, E. 2016. Deshojado precoz en Viura y Malvasía riojana. Cuaderno de Campo 58: 30-33.

Poni, S., Bernizzoni, F. y Civardi, S. 2008. The effects of early leaf removal on whole-canopy gas exchange & vine performance of *Vitis vinifera* L. Sangiovese. Vitis 47: 1-6.

Poni, S., Bernizzoni, F., Civardi, S. y Libelli, N. 2009. Effects of pre‐bloom leaf removal on growth of berry tissues and must composition in two red *Vitis vinifera* L. cultivars. Australian Journal of Grape and Wine Research 15: 185-193.

Poni, S., Casalini, L., Bernizzoni, F., Civardi, S. e Intrieri, C. 2006. Effects of early defoliation on shoot photosynthesis, yield components and grape composition. American Journal of Enology and Viticulture 57: 397-407.

Rodríguez, J., Perdomo, A.C. y Medall, M. 2015. Efectos del deshojado sobre uva de la variedad Merlot. La Semana Vitivinícola 3.442: 358-363.

Smith, M.S. y Centinari, M. 2019. Impacts of Early Leaf Removal and Cluster Thinning on Grüner Veltliner Production, Fruit Composition, and Vine Health. American Journal of Enology and Viticulture 70: 308-317.

VanderWeide, J., Frioni, T., Ma, Z., Stoll, M., Poni, S. y Sabbatini, P. 2020. Early Leaf Removal as a Strategy to Improve Ripening and Lower Cluster Rot in Cool Climate (*Vitis vinifera* L.) Pinot Grigio. American Journal of Enology and Viticulture 71: 70-79.

Vilanova, M., Pessanha, M., Prior, P., Fernandes, C., Fontes, N. y Graça, A. 2018. Relación entre el vigor de la planta y la composición terpénica de la variedad Loureira cuando se aplica el deshojado precoz. III Jornadas Viticultura SECH. 28-29 noviembre, Mallorca.

Tabla 1. Datos termo-pluviométricos del periodo 2016-2018, según el ciclo anual entre octubre (año anterior) y septiembre (año de la campaña), registrados en Medina del Campo (Valladolid), y riego (mm). T: temperatura (ºC), **Tm**: T media (ºC), **Tmax**: T media de máximas (ºC), **Tmin**: T media de mínimas (ºC); **ETo**: 1-abr/30-sep (mm); P: precipitación (mm), **Pa**: 1-oct/30-sep, **Pc**: 1-abr/30-sep, **Pv**: 1-jul/30 sep.

	Tm	**Tmax**	**Tmin**	**ETo**	**Pa**	**Pc**	**Pv**	**Riego**
2016	12,8	19,1	6,9	830	318	93	0,2	136
2017	13,2	20,2	6,5	970	167	89	43,0	144
2018	12,3	19,2	5,3	843	323	139	3,4	131

Tabla 2. Potencial hídrico (MPa) del periodo 2016-2018, de los tratamientos Testigo y Deshojado (D), en los siguientes tipos y horas solares de medida: 7 h a la sombra (**Ψs**); 9 h (**Ψf**) y 11 h (**Ψf**) al sol; 12 h de tallo (**Ψs**). Nivel de significación estadística: p<0,05 = *.

		2016 - 7 h		**2017** - 7 h		**2018** – 7 h		**2016** – 12 h		**2017** – 12 h		**2018** – 12 h	
	Fecha	**T**	**D**	**T**	**D**	**T**	**D**	**T**	**D**	**T**	**D**	**T**	**D**
Ψs	1ª s.			-0,69	-0,73	-0,18	-0,17			-0,81	-0,74	-0,31	-0,31
	3ª s.			-0,48	-0,54	-0,32	-0,30	-0,81	-0,79	-0,85	-0,86	-0,56	-0,55
	4ª s.												
	1ª s.			-0,61	-0,66	-0,40	-0,35			-0,77	-0,79	-0,62	-0,61
	2ª s.			-0,58	-0,57	-0,44	-0,44	-0,84	-0,93	-0,85	-0,80	-0,80	-0,77
	3ª s.			-0,77	-0,74								
	4ª s.			-0,82	-0,76	-0,44	-0,43	-0,99	-1,00	-1,21	-1,12	-1,02	-1,04
	5ª s.					-0,61	-0,62					-1,09	-1,10
	2ª s. Se			-0,61	-0,59	-0,45	-0,43	-1,11	-1,15	-0,96	-	-1,08	-1,05
	3ª s. Se							-1,00	-1,05				
	1ª s.					-0,54	-0,52	-1,11	-1,20			-1,06	-1,02
		2016 - 9 h		**2017** - 9 h		**2018** – 9 h		**2016** – 11 h		**2017** – 11 h		**2018** – 11 h	
	Fecha	**T**	**D**	**T**	**D**	**T**	**D**	**T**	**D**	**T**	**D**	**T**	**D**
Ψf	3ª s.	-1,11	-1,13	-0,88	-0,90	-0,65	-0,62	-1,19	-1,22			-0,89	-0,86
	4ª s.									-1,06	-1,07		
	2ª s.	-0,94	-0,99	-1,04	-1,02	-0,85	-0,90	-1,04	-1,10	-1,15	-1,08	-0,98	-0,99
	4ª s.	-1,37	-1,34	-1,22	-1,26			-1,33	-1,34	-1,49	-1,41		
	5ª s.					-1,04	-1,01					-1,22	-1,25
	2ª s. Se	-1,00	-1,11	-1,04	-1,03	-1,19	-1,23			-1,20	-1,12	-1,44	-1,42

Tabla 3. Conductancia estomática, G_s (mmol $H_2O \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$), Transpiración E (mmol $H_2O \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) y Fotosíntesis neta A_n (µmol $CO_2 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$), medidas a las 9 y a las 12 hs, a lo largo del periodo 2016-2018, de los tratamientos Testigo (T) y Deshojado (D). Nivel de significación estadística: $p<0,05$ = *.

		2016 - 9 h		**2017** - 9 h		**2018** – 9 h		**2016** – 12 h		**2017** – 12 h		**2018** – 12 h	
	Fecha	**T**	**D**	**T**	**D**	**T**	**D**	**T**	**D**	**T**	**D**	**T**	**D**
G_s	2ª q. Jul	152,8	138,3	136,5	142,3	221,7	229,5	84,6	90,6	73,9	71,5	154,5	163,3
G_s	1ª q. Ag	139,4	131,3	90,3	82,9	165,9	178,0	97,1	86,4	81,9	78,3	134,3	142,3
G_s	2ª q. Ag	31,6	24,0	73,8	81,1	127,2	121,0	19,3	10,6	49,9	44,1	93,8	100,6
G_s	1ª q. Se					104,8	107,5					78,9	83,7
G_s	2ª q. Se	83,3	76,1										
E	2ª q. Jul	5,19	5,22	3,95	4,41	6,08	6,80	4,59	5,21	3,50	3,82	6,31	6,36
E	1ª q. Ag	3,35	3,24	2,41	2,15	4,36	4,68	3,38	3,26	2,25	2,31	4,81	5,54
E	2ª q. Ag	1,12	0,93	2,91	3,52*	3,29	3,42	1,20	0,75	2,35	2,18	3,37	3,84
E	1ª q. Se					3,01	3,35					3,08	3,39
E	2ª q. Se	1,65	1,50										
A_n	2ª q. Jul	18,6	17,6	19,4	18,6	20,4	20,8	13,3	13,6	14,7	14,6	14,9	15,8
A_n	1ª q. Ag	16,1	15,8	18,1	16,8	19,4	19,0	14,3*	12,8	15,7	15,8	15,8	15,8
A_n	2ª q. Ag	11,8	10,7	15,2	16,7	18,4*	16,8	6,9	5,9	12,3	11,3	15,4	17,1
A_n	1ª q. Se					18,5	18,0					13,5	13,9
A_n	2ª q. Se	16,0	14,8										

Efecto de la aplicación de agua ozonizada mediante endoterapia en la aptitud enológica de uvas Tempranillo

Sánchez-Gómez, R.[1], Cebrián-Tarancón, C.[1], Serrano de la Hoz, K.[2], Alonso, G. L.[1], Salinas, M. R.[1*]

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

[2] BetterRID (Better Research, Innovation and Development, S.L.), Carretera de Las Peñas (CM-3203), Km 3.2, Campo de Prácticas-UCLM, 02071 Albacete, España

[*]Autor/a: rosario.salinas@uclm.es

Resumen

La endoterapia, o inyección en el tronco, es una interesante forma de aplicar productos fitosanitarios a la planta, ya que evita los problemas medioambientales generados en las aplicaciones habituales, y permite localizar e individualizar el tratamiento. No obstante, tiene inconvenientes derivados de la perforación que hay que practicar en el tronco. El agua ozonizada puede considerarse como un producto fitosanitario, de baja estabilidad, que no deja residuos al transformase rápidamente en oxígeno después de realizar su acción germicida, por lo que se le puede considerar adecuada para tratar enfermedades causadas por hongos internos de la vid, en especial los que proliferan en estrictas condiciones anaerobias. El objetivo de este trabajo fue conocer el efecto de la aplicación de agua ozonizada por endoterapia en vides de Tempranillo cultivadas en una parcela representativa de la D.O. Mancha. Se observó que dicho tratamiento no afectó decisivamente a la aptitud enológica de la uva, si bien afectó a la maduración fenólica disminuyendo la aportación tánica de las pepitas.

Palabras clave: disolución acuosa de ozono, inyección en el tronco, madurez tecnológica, madurez fenólica.

INTRODUCCIÓN

La forma habitual de aplicar los productos fitosanitarios al viñedo es mediante pulverización foliar, pero pueden aplicarse directamente en el sistema vascular mediante inyección en el tronco o endoterapia (*trunk injection*, en inglés). En las plantas leñosas, la savia bruta es transportada desde las raíces hasta las hojas a través del xilema debido a un gradiente de potencial hídrico decreciente. La endoterapia pretende beneficiarse de este flujo de savia para distribuir el líquido inyectado por toda la planta. La endoterapia promueve el uso eficiente de los agroquímicos al sortear la barrera cuticular o radicular y suministrar toda la dosis en el flujo de savia. Así, se evitan las deposiciones en el suelo, las pérdidas por deriva o fotólisis y la degradación microbiana en la superficie de la hoja asociadas a la pulverización. Otra de las ventajas que se le atribuye a la endoterapia es la persistencia del producto inyectado, cuya acción puede prolongarse incluso más de un año, lo que permite reducir el número de aplicaciones (Berger y Laurent, 2019). Además, al tratarse de un sistema cerrado, se reduce el impacto ambiental y se minimiza la exposición del usuario. A pesar de estas ventajas, sobre todo en términos ambientales, uno de los factores limitantes para su uso son las perforaciones

en el tronco para acceder a los vasos xilemáticos, ya que pueden ocasionar heridas, infecciones microbianas o la pérdida de funcionalidad de la madera adyacente. Otro de sus factores limitantes es el coste de la inyección, superior al de la pulverización, aunque el hecho de requerir un menor número de aplicaciones y dosis puede suponer un ahorro económico y de tiempo (Berger y Laurent, 2019). Además, la posibilidad de individualizar el tratamiento permite tratar únicamente las plantas sintomáticas, lo que se traduce en un menor consumo de fitosanitarios e impacto ambiental (Dula et al., 2007). A pesar de los posibles beneficios, la endoterapia en el viñedo se ha utilizado en escasos ensayos de inyección de fungicidas, elicitores y diferentes productos químicos contra el mildiu (Düker y Kubiak, 2009) y enfermedades de la madera como la yesca (Del Frari et al., 2018), habiéndose obtenido resultados prometedores. Por tanto, esta técnica se muestra como una interesante herramienta para aplicar fitosanitarios en vides afectadas por enfermedades de la madera (EMV), ya que la inyección permite administrar la materia activa directamente en los tejidos leñosos, lugar donde habitan los hongos responsables.

El agua ozonizada consiste en una disolución de ozono en agua que posee una baja estabilidad (20 a 30 minutos a 20 ºC, dependiendo del pH), por lo que se prepara en el momento de la aplicación mediante el uso de generadores de ozono. En viticultura su uso está aumentando, dada su demostrada eficacia para eliminar la carga fúngica de las vides cuando se aplica mediante pulverizaciones foliares, lo cual también puede influir en su calidad por un efecto elicitor (Modesti et al., 2019). Por ello, se ha aplicado mediante endoterapia a cepas de Bobal en las que se favoreció la acumulación de compuestos fenólicos (Campayo et al., 2020) y a cepas de Cabernet-Sauvignon (García-Martínez et al., 2020), en las que se observó una disminución de dichos compuestos. Por tanto, la variedad de uva parece tener una gran implicación sobre los resultados tras este tipo de aplicaciones. En consecuencia, en este trabajo se pretende conocer el efecto del agua ozonizada aplicada mediante endoterapia a cepas sanas de Tempranillo, variedad tinta mayoritaria en España y en Castilla-La Mancha, en donde se le denomina Cencibel.

MATERIAL Y MÉTODOS

En una parcela representativa de la D.O. La Mancha, durante la cosecha de 2016, se seleccionaron dos grupos de tres cepas convenientemente separados, uno de los cuales se usó como control y el otro se realizó para el tratamiento de endoterapia. Para ello, en las cepas de tratamiento se realizó una inyección (perforación de 3 mm de diámetro y 1 cm de profundidad), practicada por encima de la unión del injerto en el tronco y sellada con una cánula hermética con conexión al depósito de agua ozonizada. El agua ozonizada se preparó en el mismo lugar de la aplicación, a primera hora de la mañana, hasta alcanzar un potencial redox de 875 ± 25 mV, constante durante todas las aplicaciones. El tratamiento de agua ozonizada por endoterapia consistió en cuatro aplicaciones entre la poda y la maduración, en cada una de las cuales se empleó un volumen por cepa del 0,5% del volumen del tronco. A lo largo de la maduración de las uvas (semanalmente hasta el día de vendimia) se analizaron los parámetros enológicos clásicos según los Métodos Oficiales de la UE (ºBé, pH y acidez total) y en el momento óptimo de vendimia se determinó la madurez fenólica según Saint-Cricq et al. (1998) empleando el pH de 3,4 por ajustarse mejor a las uvas estudiadas. Los datos se sometieron a un análisis de la varianza (ANOVA) empleando el paquete estadístico SPSS versión 23.0 para Windows (SPSS, Chicago, IL, USA). Las diferencias entre medias se compararon usando el test de Tukey al 95%

de intervalo de confianza ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de uva obtenida fue similar a la del control, así como la tendencia en la evolución a lo largo de la maduración (Fig. 1). La endoterapia incrementó ligeramente el ºBé respecto al control en todos los muestreos, alcanzando valores similares el día de la vendimia (Fig. 1A). La acidez total (g/L de ácido tartárico) (Fig. 1B) fue inferior al inicio de la maduración en las uvas del tratamiento que en las control, aunque el día de la vendimia alcanzó valores significativamente mayores en las uvas de endoterapia, lo cual condujo a una ratio ºBe/AT ligeramente mayor en las uvas control (Fig. 1D). El pH se mantuvo en valores similares para cada momento de muestreo en ambos tipos de uvas, aunque ligeramente mayor en las del control el día de la vendimia (Fig. 1C).

La Fig. 2 muestra los resultados de la maduración fenólica de las uvas en el día de la vendimia. En comparación con el control, el tratamiento de endoterapia no afectó significativamente al contenido de antocianos totales, pero este fue menor a pH 1 en las uvas de endoterapia (Fig. 2A), lo que condujo a un valor menor de la extractabilidad (Fig. 2B). Esto indica que los antocianos se extraen mejor en las uvas del tratamiento que en las control, y en el posible vino obtenido con estas uvas no se encontraría diferencias en su contenido respecto al vino control. Además, también fue inferior el porcentaje de madurez de pepita, lo que sugiere que el vino elaborado con las uvas procedentes del tratamiento sería menos tánico que el vino control.

Por tanto, el tratamiento de endoterapia con agua ozonizada no parece afectar decisivamente a la aptitud enológica de la uva, pero disminuye la aportación tánica de las pepitas, lo cual es de gran interés en enología.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación recibida para el proyecto INNTER-ECOSANVID 2015 (FEDER-CDTI, EXP:00093497/ITC-20151026).

REFERENCIAS

Berger, C., Laurent, F. 2019. Trunk injection of plant protection products to protect trees from pests and diseases. Crop Prot. 124:104831.

Campayo, A., de la Hoz, K.S., Mercedes García-Martínez, M., Rosario Salinas, M.; Alonso, G.L. 2020. Novel endotherapy-based applications of ozonated water to Bobal grapevines: effect on grape quality. Agronomy, 10:1218.

Del Frari, G., Costa, J., Oliveira, H., Boavida Ferreira, R. 2018. Endotherapy of infected grapevine cuttings for the control of *Phaeomoniella chlamydospora* and *Phaeoacremonium minimum*. Phytopathol. Mediterr. 57:239–448.

Düker, A., Kubiak, R. 2009. Stem application of metalaxyl for the protection of *Vitis vinifera* L. (‘Riesling’) leaves and grapes against downy mildew (*Plasmopara viticola*). Vitis J. Grapevine Res. 48:43–48.

Dula, T., Kappes, E.M., Horvath, A., Rabai, A. 2007. Preliminary trials on treatment of esca-infected grapevines with trunk injection of fungicides. Phytopathol. Mediterr. 46:91–95.

EU Official Methods for Wine Analyses, Regulation 440/2003; European Commission: Brussels, Belgium, 2003. 42.

García-Martínez, M. M., Campayo, A., Carot, J.M., Serrano de la Hoz, K., Salinas, M. R., Alonso, G.L. 2020. Oenological characteristics of *Vitis Vinifera* L. Cabernet Sauvignon grapes from vineyards treated with ozonated Water. Aust. J. Grape Wine Res. Article number 12454. 26(4):388–98.

Modesti, M.; Baccelloni, S.; Brizzolara, S.; Aleandri, M.P.; Bellincontro, A.; Mencarelli, F.; Tonutti, P. 2019. Effects of treatments with ozonated water in the vineyard (cv Vermentino) on microbial population and fruit quality parameters. BIO Web Conf.,13, 04011.

Saint-Cricq de Gaulejac, N., Vivas, N., Glories, Y. 1998. Maturité phénolique: Définition et contrôle. Revue Française d'Oenologie. 173:22–25.

Figuras

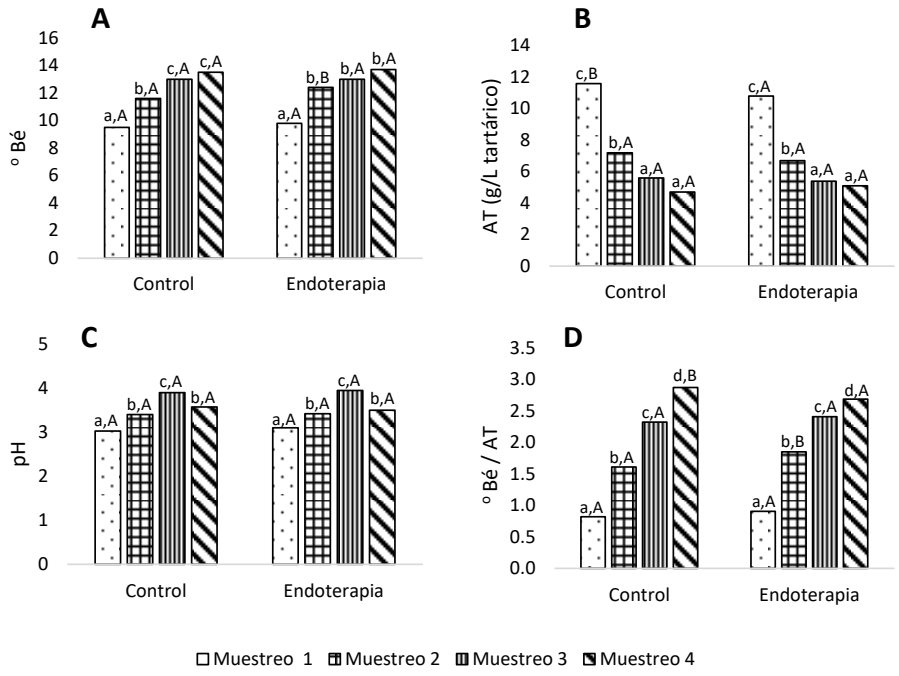


Fig. 1. Evolución de los parámetros enológicos clásicos a lo largo de la maduración.

Para cada parámetro, letras minúsculas indican diferencias significativas entre los diferentes momentos de maduración dentro de cada tratamiento (control y endoterapia) y letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos, para un mismo punto de maduración de acuerdo con la prueba HSD Tukey ($p \leq 0,05$).

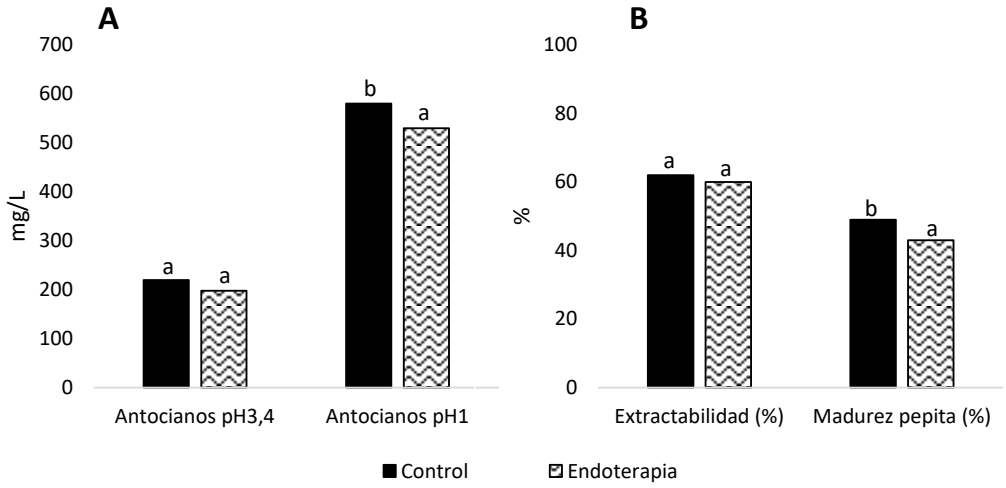


Fig. 2. Maduración fenólica de las uvas el día de vendimia. Para cada parámetro, letras diferentes indican diferencias significativas entre cada tratamiento (control y endoterapia) de acuerdo con la prueba HSD Tukey ($p \leq 0,05$).

Transformar la calidad aromática de la uva mediante un tratamiento en campo es una realidad al alcance de las bodegas

Izquierdo Cañas, Pedro M.[2]; Alonso, G. L.[3]; Salinas, M. R.[3]; Serrano de la Hoz, K.[1*]

[1] BetterRID (Better Research, Innovation and Development, S.L.), Carretera de Las Peñas (CM-3203), Km 3.2, Campo de Prácticas-UCLM, 02071 Albacete, España

[2] Instituto Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario y Forestal de Castilla-La Mancha (IRIAF-IVICAM) Ctra. Toledo-Albacete, 13700 Tomelloso, Ciudad Real, España

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

[*]*Autora: kortes.serrano@betterrid.es*

Resumen

Debido a la importancia que el aroma tiene en las características sensoriales del vino, y en los gustos y preferencias de los consumidores, la industria enológica utiliza diversas estrategias para diversificar su producción y elaborar vinos con características aromáticas distintivas. Una de las herramientas más novedosas recientemente desarrollada, son productos bioestimulantes capaces de potenciar y modular el aroma desde el propio viñedo, mediante una sencilla pulverización sobre las hojas. Además de tratarse de productos naturales, sostenibles y saludables, ofrecen una versatilidad enorme, ofreciendo a los enólogos la posibilidad de transformar la calidad aromática de sus uvas en base al tipo de vino que desean elaborar. El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de la aplicación de tres productos bioestimulantes en la viña sobre la calidad de vinos Airén. Se realizó una única pulverización foliar durante el envero, utilizando los productos comerciales BetterVID®: madera (Bm), floral (Bf) y complex (Bc), sobre vides cultivadas en una parcela de Castilla-La Mancha. Se estudió y comparó la composición química, el color y la calidad aromática y sensorial de los vinos Airén procedentes de cepas tratadas y de cepas sin tratar (Control). Se observaron diferencias tanto en los parámetros enológicos como en el color respecto al control y entre los propios tratamientos. En relación a la componente aromática, los tratamientos Bm y Bf aumentaron el carácter afrutado y floral de los vinos, y todas las aplicaciones redujeron el carácter verde y herbáceo, y aumentaron las notas dulces. Sensorialmente se corroboró que todos los tratamientos incrementaron la intensidad aromática de los vinos, siendo mejor valorados por su persistencia en boca y complejidad. En la prueba de preferencia, el vino peor valorado fue el Control mientras que los catadores eligieron como mejor el Bm (59 %), seguido de Bf (47 %) y Bc (35 %).

Palabras clave: bioestimulantes, aromas, Airén, herramientas enológicas, potencial aromático.

INTRODUCCIÓN

La tendencia actual en el sector vitivinícola es la de apostar por prácticas agronómicas

que permitan obtener uvas con la calidad deseada, directamente desde el viñedo, mediante técnicas sostenibles (medioambiental y económicamente) y fácilmente adaptables al entorno cambiante en el que se encuentra el mercado y las demandas de los consumidores. Entre ellas, la aplicación de extractos vegetales está cobrando especial protagonismo.

Son diversos los estudios que han demostrado que la vid es capaz de asimilar compuestos presentes en el medio ambiente, almacenándolos en las uvas en forma de precursores aromáticos, que son liberados durante la vinificación y a lo largo del tiempo, influyendo en la composición final y en las propiedades sensoriales del vino (Capone et al., 2012; Martínez-Gil et al., 2011, 2013; Hayasaka et al., 2010a, 2010b).

Los bioestimulantes son ampliamente utilizados en agricultura, aunque la mayoría de ellos tienen como finalidad aportar compuestos nutricionales a las plantas. Este trabajo, sin embargo, se centra en la aplicación de productos cuyo objetivo es impactar positivamente en la calidad aromática de las uvas, potenciando la propia síntesis de aromas varietales y aportando otros aromas diferenciadores, los cuales son liberados posteriormente en los vinos elaborados con esas uvas, cambiando el perfil aromático de una forma significativa. Por tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de la aplicación de tres productos bioestimulantes en la viña sobre la calidad de vinos Airén.

MATERIAL Y MÉTODOS

La experiencia se llevó a cabo en una parcela dispuesta en vaso de la variedad Airén, en la zona de la D.O. La Mancha, durante la campaña de 2021. Para ello, se marcaron 4 filas de 25 cepas cada una, correspondientes a los tres tratamientos BetterVID®: madera (Bm), floral (Bf) y complex (Bc), y al control (Cn), se dejó una fila intermedia por las posibles derivas. La aplicación se realizó mediante pulverización foliar, a primera hora de la mañana, a los siete días del inicio del envero (con aproximadamente el 50% de los racimos enverados). La dosis de aplicación fue de 200 mL de disolución por planta (de los cuales, el 2 % era del bioestimulante correspondiente), aplicándose sólo agua para el control. En todos los casos se añadió un mojante tensoactivo comercial, en la dosis marcada por el fabricante. Se realizó el seguimiento de maduración en campo y se realizó la vendimia en el momento óptimo de madurez tecnológica, con aproximadamente 20 ºBrix. Se vendimió manualmente, separando cada vendimia en cajas identificadas para su posterior procesado en bodega. La vinificación se llevó a cabo en las instalaciones del IRIAF-IVICAM, siguiendo el mismo protocolo en todos los casos, que consistió en una elaboración clásica para vinos blancos. Para cada una de las vendimias, se obtuvieron 8 vinos blancos (4 tipos por duplicado) en volúmenes de 30 L.

Se analizaron los parámetros físico-químicos habituales de los mostos y vinos (grado Brix, grado alcohólico, pH, acidez total, acidez volátil, glicerina y ácido málico) según los métodos oficiales de la Organización Internacional de la Viña y el Vino, así como los parámetros CIEL a*b* (OIV, 2019). El análisis sensorial de los vinos fue realizado por un panel de cata integrado por 10 catadores entrenados y con experiencia en Análisis Sensorial de Vinos, con edades entre 25 y 62 años, formado por un 60% de mujeres y 40% hombres. Se realizó en sala de cata normalizada (UNE-EN ISO 8589:2010) y se empleó ficha de cata ISO 11035. Se realizó análisis estadístico utilizando el test Student-Newman-Keuls de comparación múltiple de medias, utilizando software estadístico SPSS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las producciones de uva obtenidas fueron similares para todos los casos, aunque se obtuvieron rendimientos de mosto algo superiores en las uvas procedentes de los tratamientos Bm y Bc (del 3,18 y 2,52% respectivamente). En la Tabla 1 se muestran los parámetros enológicos básicos de los mostos y vinos obtenidos. Cabe destacar la mayor acidez total y, por consiguiente, el menor pH obtenido en el caso de los mostos procedentes de uvas Cn (cepas no tratadas). También se observaron menores grados Brix en el caso de las uvas procedentes de las plantas tratadas. En cuanto a los vinos, los Cn fueron los de mayor grado alcohólico, ácido acético y menor acidez total, mientras que los de menor grado alcohólico, ácido succínico y glicerina fueron los Bm. No se observaron diferencias entre los vinos en cuanto al parámetro CIEL a*b* (notas amarillas), ni respecto a la Absorbancia a 420 nm. El vino con menor contenido en catequinas fue el Bc.

Los resultados obtenidos en el análisis sensorial (Fig. 1), indicaron que, en la fase olfativa, los vinos con menor intensidad aromática, menos complejos y menos valorados a nivel aromático, fueron los Cn, produciéndose un aumento en la intensidad aromática de todos los vinos procedentes de cepas tratadas, siendo significativamente mayor en el caso de Bm. En la fase gustativa, los vinos mejor valorados también fueron los procedentes de cepas tratadas, presentando mayor duración en boca y mejor valoración global, especialmente en el caso de Bm. En retronasal, los resultados fueron idénticos, resultado Bm, Bf y Bc los más complejos y persistentes, especialmente Bm, con mayor valoración global. En la prueba de preferencia, los catadores eligieron como mejor el Bm (59 %), seguido de Bf (47 %) y Bc (35 %), resultando el vino Cn el peor valorado (64,70%). Por tanto, la aplicación de este tipo de productos puede resultar una herramienta útil para las bodegas, ya que permite impactar en la calidad aromática de los vinos, simplemente realizando un tratamiento en campo.

REFERENCIAS

Capone, D.L., Jeffery, D.W. and Sefton, M.A. 2012. Vineyard and fermentation studies to elucidate the origin of 1,8-cineole in Australian red wine. J. Agric. Food Chem. 60:2281-2287.

Martínez-Gil, A.M., Angenieux, M., Pardo-García, A.I., Alonso, G.L., Ojeda, H. and Salinas, M.R. 2013. Glycosidic aroma precursors of Syrah and Chardonnay grapes after an oak extract application on the grapevines. Food Chem. 138:956-965.

Martínez-Gil, A.M., Garde-Cerdan, T., Martínez, L., Alonso, G.L. and Salinas, M.R. 2011. Effect of oak extract application to Verdejo grapevines on grape and wine aroma. J. Agric. Food Chem. 59:3253-3263.

Hayasaka, Y., Baldock, G.A., Pardon, K.H., Jeffery, D.W. and Herderich, M.J. 2010a. Investigation into the formation of guaiacol conjugates in berries and leaves of grapevines *Vitis vinifera* L. Cv. J. Agric. Food Chem. 58:2076-2081.

Hayasaka. Y., Dungey. K.A., Baldock. G.A., Kennison. K.R. and Wilkinson. K.L. 2010b. Identification of a beta-D-glucopyranoside precursor to guaiacol in grape juice following grapevine exposure to smoke. Anal. Chim. Acta. 660:143-148.

OIV Organización Internacional de la Viña y el Vino. 2019. Compendium of international methods of wine and must analysis.

Tablas y Figuras

Tabla 1.- Parámetros enológicos convencionales de los mostos y vinos embotellados Airén.

	Cn	Bm	Bf	Bc
Parámetros enológicos de los MOSTOS				
ºBrix	21,20	20,43	20,89	20,59
Acidez Total (g/L)	5,51	2,75	2,93	3,01
pH	3,59	4,06	3,98	3,97
Ácido málico (g/L)	2,18	2,03	1,90	1,95
Parámetros enológicos de los VINOS				
Grado alcohólico (% v/v)	12,68 ± 0,14 c	12,35 ± 0,05 a	12,60 ± 0,08 bc	12,52 ± 0,03 b
Acidez Total (g/L)	3,54 ± 0,05 a	4,45 ± 0,01 b	4,39 ± 0,17 b	4,35 ± 0,06 b
pH	3,99 ± 0,02 c	3,57 ± 0,01 a	3,61 ± 0,01 b	3,62 ± 0,04 b
SO_2 libre (mg/L)	14 ± 4 a	23 ± 2 b	22 ± 0 b	28 ± 3 c
SO_2 total (mg/L)	185 ± 4 a	208 ± 6 d	194 ± 3 b	201 ± 4 c
Glucosa+Fructosa (g/L)	0,27 ± 0,01 a	0,52 ± 0,10 c	0,36 ± 0,02 b	0,29 ± 0,02 a
Ácido acético (g/L)	0,13 ± 0,01 c	0,10 ± 0,01 b	0,09 ± 0,01 b	0,05 ± 0,02 a
Ácido málico (g/L)	1,53 ± 0,08 c	1,32 ± 0,02 b	1,18 ± 0,10 a	1,26 ± 0,04 ab
Ácido succínico (g/L)	0,94 ± 0,02 b	0,81 ± 0,02 a	0,96 ± 0,00 b	1,09 ± 0,05 c
Ácido tartático (g/L)	1,05 ± 0,00 a	1,60 ± 0,08 c	1,53 ± 0,06 c	1,43 ± 0,03 b
Glicerina (g/L)	7,39 ± 0,11 bc	6,70 ± 0,17 a	7,19 ± 0,27 b	7,60 ± 0,25 c

Cn: Control, sin tratamiento; Bm: BetterVID madera; Bf: BetterVID floral; Bc: BetterVID complex. Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticamente significativas según el test de Student Newman-Keuls (S-N-K), α=0,05.

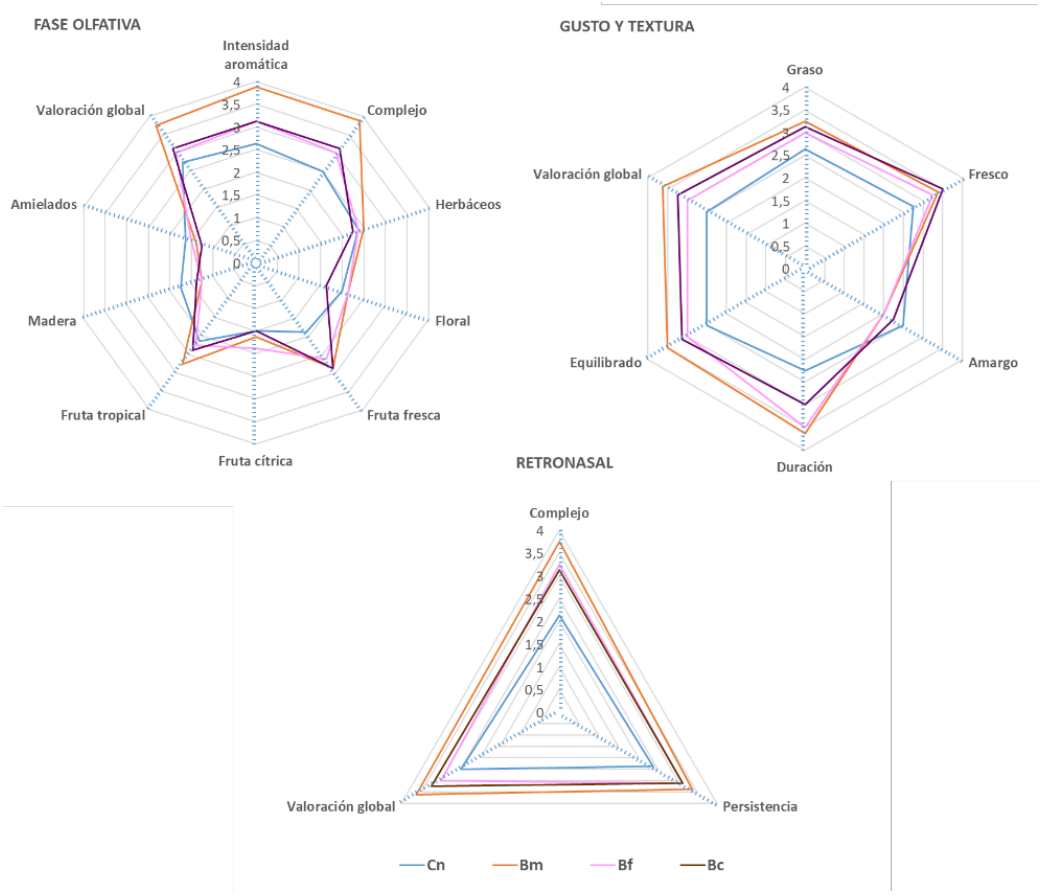


Fig. 1. Análisis sensorial de los vinos Airén.

Estimación temprana del rendimiento en viñedos de Tempranillo y Garnacha a partir de parámetros simples obtenidos manualmente

C. Miranda*, N. Torres, M. Loidi, B. Mayor, O. Oneka y L.G. Santesteban

Departamento de Agricultura, Biotecnología y Alimentación, Universidad Pública de Navarra (UPNA), Pamplona, Navarra.

**C. Miranda: carlos.miranda@unavarra.es*

Palabras clave: Cosecha, modelización, datos históricos, datos de campo.

Resumen

La estimación temprana del rendimiento es de gran importancia en viticultura, ya que muchas decisiones en viñedo y la bodega dependen de ello. Sin embargo, su determinación puede ser compleja, ya que su variabilidad interanual y espacial puede ser alta por múltiples razones (edafoclimáticas, estreses bióticos y abióticos, variedad, manejo, etc.). El objetivo de este trabajo fue obtener modelos de estimación temprana y precisa de la cosecha de un viñedo, por medio de datos que puedan obtenerse en campo, manualmente y con sencillez. Se utilizó una amplia base de datos de campo que incluía información sobre desarrollo vegetativo, reproductivo y de rendimiento. La base de datos se generó entre 2003 y 2020 en varios proyectos de modelización de viñedos y comprendía información de más de 600 viñedos comerciales de Tempranillo y Garnacha cultivados en Navarra y La Rioja. Se evaluaron y validaron 60 modelos por variedad, que combinaban uno o más parámetros relacionados con el número de racimos o su peso. En el caso del peso del racimo, los parámetros incluidos fueron tanto mediciones en campo tomadas antes de envero como datos históricos recogidos en hasta 12 campañas anteriores. Las estimaciones de rendimiento basadas en los pesos históricos de los racimos ofrecían estimaciones aceptables sólo en fases tempranas de la campaña, pero presentaban numerosos errores de estimación que no las hacían adecuadas en fases más avanzadas de la campaña. De forma general, el rendimiento pudo estimarse con precisión razonable (error <0,5 kg/cepa) con modelos que incluían 1) el número de racimos·cepa^{-1} y el peso del racimo antes de envero, o 2) número de racimos·cepa^{-1}, peso de baya y número de bayas·racimo^{-1}, o 3) número de pámpanos·cepa^{-1}, de racimos·pámpano^{-1} y peso de racimos antes de envero. El primer modelo resultaba preferible por ser más sencillo y sus parámetros de más fácil obtención.

INTRODUCCIÓN

Conocer de antemano el rendimiento del viñedo es una cuestión clave para que los productores y las bodegas puedan lograr el mejor equilibrio entre el crecimiento vegetativo y el reproductivo, tomar decisiones más informadas en cuanto al aclareo, el riego y la gestión de nutrientes, programar la vendimia y optimizar las operaciones de vinificación. Sin embargo, su determinación puede ser compleja, ya que su variabilidad interanual y espacial puede ser alta por múltiples razones (edafoclimáticas, estreses bióticos y abióticos, variedad, manejo, etc.). Hasta el momento, se han propuesto numerosos protocolos de estimación del rendimiento (De La Fuente et al., 2015) en los que la recogida de datos puede ser tanto manual como apoyada en la teledetección próxima o remota, ya sea por medio de imágenes digitales o multiespectrales tomadas sobre el terreno, con UAVs, aviones o satélites. En su mayoría, estos protocolos han sido desarrollados en el contexto de experimentos de investigación en los que se relaciona estadísticamente el rendimiento total con uno o varios de sus componentes o con variables

ambientales. Sin embargo, sólo hay unos pocos estudios que consideren la adaptación de la metodología resultante a las condiciones operativas de las explotaciones (Laurent et al., 2021). Es decir, se plantea la cuestión de si los estudios científicos para la estimación del rendimiento han tenido debidamente en cuenta las necesidades operativas, las limitaciones y las capacidades de adquisición de datos para que los profesionales del sector vitivinícola puedan aplicarlos con rigor dentro de su actividad habitual (Laurent et al., 2021).

El objetivo de este trabajo fue obtener modelos de estimación temprana y precisa de la cosecha de un viñedo, por medio de datos que puedan obtenerse en campo, manualmente y con sencillez, dentro de la operativa habitual de las explotaciones.

MATERIAL Y MÉTODOS

a) Base de datos de producción

Se utilizó una amplia base de datos de campo que incluía información sobre desarrollo vegetativo, reproductivo y de rendimiento. La base de datos se generó entre 2003 y 2020 en el seno de varios proyectos de modelización del viñedo y comprendía información de más de 600 viñedos comerciales de Tempranillo y Garnacha cultivados en Navarra y La Rioja, con los que se abarca un amplio rango de situaciones de cultivo y climáticas, debidas fundamentalmente a diferencias de altitud (desde 300 hasta 550 m) y a la variabilidad interanual. Además, en el caso del peso del racimo, se añadió a la base de datos el peso "típico" de la variedad según la bibliografía, así como los pesos históricos recogidos en la parcela en hasta 12 campañas anteriores.

b) Determinación y validación de los modelos

Para cada variedad, el conjunto de datos se dividió en dos de forma aleatoria, de forma que el 70% de los datos se emplearon para construir los modelos (DS_{mod}), y el 30% restante se reservó para la validación externa (DS_{val}). Ambos conjuntos de datos tenían similar distribución (histograma) para la variable a predecir. Los modelos de rendimiento se establecieron a partir de regresiones lineales múltiples, en las cuales la variable dependiente fue la producción de la cepa (kg_cp), y las variables independientes las medidas realizadas en las cepas en épocas anteriores a la vendimia, en diferentes combinaciones. Se obtuvieron un total de 60 modelos por variedad, que combinaban uno o más de los diez parámetros relacionados con el número de racimos o su peso indicados en la Tabla 1. Se seleccionaron como potencialmente adecuados para la predicción y se pasaron a la validación a aquellos modelos en los que su nivel de ajuste R^2 >0,4, en el que las variables fuesen independientes entre sí y que tanto el modelo como los coeficientes y término independiente fueran significativos (p<0,05).

Con los modelos que pasaron a la fase de validación, se procedió a realizar una validación cruzada, mediante *K-fold repeated cross validation*, ya que es un método adecuado para el número de observaciones de las que se disponían (Arlot and Celisse, 2010). Este método consiste en repartir aleatoriamente todos los datos en diferentes K grupos. Una vez se han creado los grupos de datos, se realizan múltiples regresiones en el que se emplean K-1 grupos, y el restante se utiliza para la validación interna. En este estudio se utilizó una K=10, y se realizaron 25 repeticiones independientes del proceso. Los estadísticos empleados para la validación cruzada fueron RMSE (raíz del error medio cuadrático de predicción) y MAE (error medio absoluto). Además, se realizó una validación externa, usando los modelos creados con DS_{mod} para predecir en las parcelas de DS_{val} y evaluar los errores. Los estadísticos empleados para la validación externa fueron RMSE, la eficiencia de la predicción (EF, que determina la proporción de varianza explicada por el modelo) y el criterio de información AIC, que es una medida relativa de calidad de un modelo (el modelo con menor AIC es preferible) y que recompensa la

bondad de ajuste de las predicciones incluyendo una penalización en función del número de parámetros empleados en la estimación (Miranda et al., 2017).

RESULTADOS Y DISCUSION

a) Modelos basados en pesos "típicos"

Las estimaciones del rendimiento en las que éste se obtiene como el producto del número de racimos por cepa presentes a partir del cuajado y los pesos "típicos" de los racimos se muestran en la Fig1. Como era esperable, el empleo de un peso "típico" sacado de la bibliografía ofrecía predicciones con escasa relación con la realidad y, por tanto, grandes errores de predicción (MAE=1,5 kg/cepa). El empleo de los registros históricos mejoraba notablemente el ajuste, especialmente si los cálculos se hacían empleando exclusivamente los datos obtenidos en la propia parcela (MAE=1,0 kg/cepa). No obstante, los resultados obtenidos mediante esta aproximación seguían teniendo un grado de error alto que, en la práctica, hace que este método sólo pueda ser considerado aceptable en fases tempranas de la campaña (p.e., poco después del cuajado), cuando las estimaciones en campo del peso final del racimo son poco fiables.

b) Modelos con información de campo

En las dos variedades, los modelos validados con mejor comportamiento predictivo (Tabla 2) fueron los que incluían como variables independientes 1) el número de racimos·cepa^{-1} y el peso del racimo antes de envero, o 2) número de racimos·cepa^{-1}, peso de baya y número de bayas·racimo^{-1}, o 3) número de pámpanos·cepa^{-1}, de racimos·pámpano^{-1} y peso de racimos antes de envero. Se observa que los modelos 2 y 3 son en realidad variantes más complejas del modelo 1, que descomponen uno de sus componentes (el peso del racimo en el modelo 2, y el número de racimos·cepa en el 3). Se trata en todos los casos de modelos con altos niveles de ajuste y eficiencia, en los que los errores de predicción son bajos (<0,5 kg/cepa), especialmente en el caso de Garnacha. Los estadísticos de validación interna y externa de los tres modelos por variedad son muy similares entre sí, por lo que el primero, que emplea el número de racimos y el peso de éstos antes de envero, resulta preferible para la operativa normal al ser más simple (i.e. menos parámetros) y sus parámetros más sencillos de obtener en campo.

Los resultados obtenidos muestran que se puede estimar con razonable precisión y antelación la cosecha de Tempranillo y Garnacha con un método sencillo e integrable en la operativa habitual de las explotaciones.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido desarrollado dentro del proyecto "Implementación de un sistema de cálculo de las necesidades de riego y estimación precoz del rendimiento del viñedo – PILOTVID" financiado en el marco de las Ayudas de apoyo para los proyectos piloto y para el desarrollo de nuevos productos, prácticas, procesos y tecnologías del PDR de Navarra 2014-2020 en su Convocatoria de 2018.

Referencias

Arlot, S., and Celisse, A. (2010). A survey of cross-validation procedures for model selection. Stat. Surv. *4*, 40–79.

De La Fuente, M., Linares, R., Baeza, P., Miranda, C., Lissarrague, J.R., and M. De la Fuente, R. Linares, P. Baeza, C. Miranda, J.R.L. (2015). Comparison of Different Methods of Grapevine Yield Prediction in the Time Window. J. Int. Sci. La Vigne Du Vin *49*, 27–35.

Laurent, C., Oger, B., Taylor, J.A., Scholasch, T., Metay, A., and Tisseyre, B. (2021). A review of the issues, methods and perspectives for yield estimation, prediction and forecasting in viticulture. Eur. J. Agron. *130*.

Miranda, C., Santesteban, L.G., Escalona, J.M., De Herralde, F., Aranda, X., Nadal, M., Intrigliolo, D.S., Castel, J.R., Royo, J.B., and Medrano, H. (2017). Allometric relationships for estimating vegetative and reproductive biomass in grapevine (*Vitis vinifera* L.). Aust. J. Grape Wine Res. *23*, 441–451.

Tabla 1. Variables independientes evaluadas en los modelos de regresión para la estimación de la producción de la cepa.

Nº variable	Variable dependiente		Abrev
1	Peso "típico" del racimo (g):	Universal	pr_univ
2		Histórico de la bodega	pr_bod
3		Histórico de la parcela	pr_parc
4	Peso del racimo antes de envero (g)		pr_ae
5	Número de bayas por racimo antes de envero		nb_rac_ae
6	Peso de la baya antes de envero (g)		pb_ae
7	Sección del pámpano (cm2)		sec_pam
8	Número de racimos por cepa		rac_cp
9	Número de pámpanos por cepa		pam_cp
10	Número de racimos por pámpano		rac_pam

Tabla 2. Modelos de regresión para la estimación del rendimiento en Tempranillo (TE) y Garnacha (GA). Se indican los valores de los parámetros de validación cruzada y externa.

		Validación cruzada			Validación externa		
CV	**Expresión**	**R^2**	**MAE**	**RMSE**	**Rsqr**	**EF**	**AIC**
TE	-1.652 + 0.216 * **rac_cp** + 0.02 * **pr_ae**	0.78	0.56	0.80	0.74	0.78	-34.0
	-2.691 + 0.210 * **rac_cp** + 0.789 * **pb_ae** + 0.020 * **nb_rac_ae**	0.84	0.52	0.70	0.89	0.75	-34.9
	-3.583 + 0.150 * **pam_cp** + 2.803 * **rac_pam** + 0.019 * **pr_ae**	0.76	0.62	0.84	0.76	0.71	-17.1
GA	-1.963 + 0.102 * **rac_cp** + 0.041 * **pr_ae**	0.94	0.40	0.46	0.96	0.94	-42.3
	-5.722 + 0.108 * **rac_cp** + 4.143 * **pb_ae** +0.037 * **nb_rac_ae**	0.94	0.47	0.52	0.96	0.94	-41.0
	-3.552 + 0.120 * **pam_cp** + 1.408 * **rac_pam** + 0.040 * **pr_ae**	0.94	0.46	0.52	0.97	0.94	-27.7

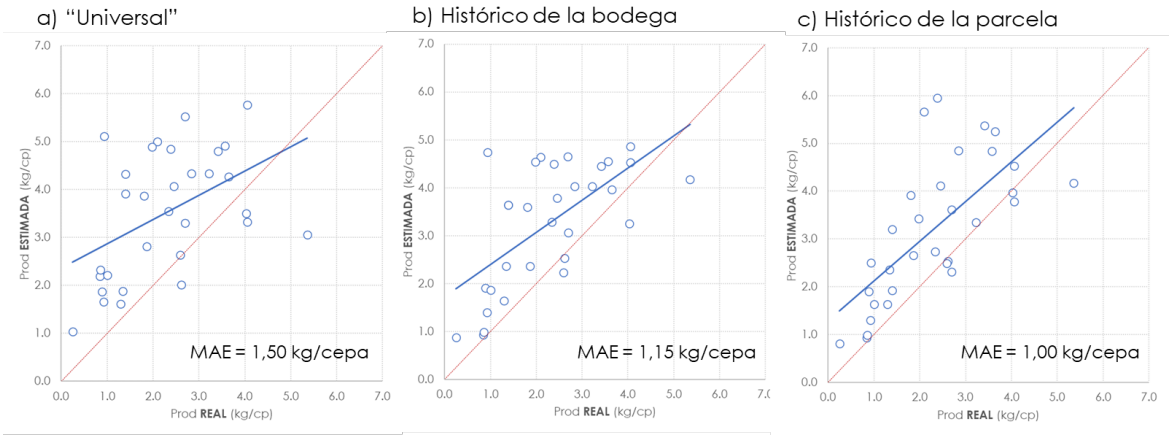


Fig. 1. Relación entre la producción (kg/cepa) real y estimada en función del producto del número de racimos/cepa presentes antes de envero y un peso "típico" a) universal", b) histórico de la bodega (la media de campañas anteriores) o c) el histórico de la parcela (la media de campañas anteriores en dicha parcela). MAE: error medio absoluto de estimación. La línea roja corresponde a la línea 1:1.

Influencia del régimen hídrico en el rendimiento y en los parámetros de calidad de seis variedades de vid tinta recuperadas en Castilla-La Mancha: comparación con variedades ampliamente cultivadas

A. Sergio Serrano Parra [1,2*], Jesús Martínez Gascueña [1], Gonzalo L. Alonso [2], Cristina Cebrián-Tarancón [2], M. Dolores Carmona Zapata [1] y Juan Luis Chacón Vozmediano [1]

Afiliación institucional

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

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

**Autor: sergio.serrano@uclm.es*

Resumen

Desde hace un par de decenios, en numerosas regiones españolas se ha venido realizando una labor de recuperación de variedades minoritarias de vid que habían caído en el olvido. Dada la intensidad y amplitud del cultivo de la vid en la región, Castilla-La Mancha ha contribuido firmemente a ese proceso desde principios de los años 2000, cuando se inició una laboriosa prospección por el vasto territorio de la comunidad. En este trabajo se ha propuesto poner en valor algunas de estas variedades, estudiando su respuesta en condiciones de escasez hídrica. Durante la campaña 2021 se siguieron 11 variedades tintas cultivadas en la Colección de Variedades de Vid de Castilla-La Mancha, ubicada en Tomelloso (Ciudad Real): 6 minoritarias y 5 nacionales/internacionales utilizadas como referencia. Las variedades fueron cultivadas bajo dos regímenes hídricos deficitarios distintos. Llegado el momento de la vendimia se determinó el rendimiento y los parámetros fisicoquímicos de los mostos (grado Baumé, acidez total, ácido málico, pH y potasio). En uvas se analizó antocianos, parámetros cromáticos (índice de color y tonalidad) e IPAv para determinar los precursores glicosilados de los compuestos aromáticos varietales. De los resultados obtenidos se infiere que algunas de las variedades minoritarias podrían ofrecer una respuesta comparable, e incluso ventajosa, a la de variedades de referencia cultivadas en idénticas condiciones. En concreto, dependiendo del régimen hídrico, destacaron: Moravia Agria y Tinto Velasco por sus elevados rendimientos, Tortozona Tinta por su viva acidez, Tinto Fragoso por la alta concentración de antocianos y Benedicto por el elevado IPAv. Estas cualidades incrementan el atractivo de unas variedades cuya recuperación solo será efectiva cuando sean asimiladas por parte del sector vitivinícola.

Palabras clave: sequía, acidez, antocianos, parámetros cromáticos, potencial aromático varietal.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático está provocando que en las últimas décadas se estén adelantando de forma notable las vendimias en las principales regiones vitivinícolas del mundo, especialmente en las más áridas, como es el caso de Castilla-La Mancha. Estos cambios ambientales están provocando que el ciclo de la vid tenga lugar bajo condiciones más cálidas y secas, lo que afecta negativamente a la producción: mermas en los rendimientos, uvas con mayor grado de

azúcares, menor acidez, modificaciones en los aromas y en los compuestos fenólicos. Entre las alternativas propuestas para hacer frente a estos efectos negativos se ha planteado la selección de material vegetal mejor adaptado. En este trabajo se ha estudiado la respuesta de 11 variedades de vid, cultivadas bajo dos regímenes hídricos deficitarios distintos, según el rendimiento y otros parámetros fisicoquímicos de los mostos y de calidad de la uva. Entre ellas, se encuentran 6 minoritarias recientemente recuperadas en la región que pueden suponer un valioso recurso por su posible adaptación a condiciones climáticas presentes y venideras. Estas variedades se compararon con otras 5 ampliamente cultivadas que se usaron como referencia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Sitio experimental, material vegetal y régimen hídrico

El estudio se llevó a cabo en el año 2021 en un viñedo experimental multivarietal perteneciente al IVICAM (Tomelloso, Castilla-La Mancha). El clima de la zona es mediterráneo semiárido continental. El suelo de la parcela era un *Petrocalcic calcixerept* con un horizonte superficial a 35 cm de profundidad. El viñedo se plantó en 2008 injertado sobre patrón Fercal. Las cepas se plantaron a 1,2 m entre sí, en hileras separadas 2,8 m (2.976 cepas/ha) y estaban conducidas en espaldera con formación de cordón Royat bilateral. Las variedades tintas se clasificaron en dos grupos: 1) variedades minoritarias recuperadas y 2) variedades nacionales e internacionales que se utilizaron como referencia. Son las que aparecen en la Tabla 1. De cada variedad se estudiaron 50 cepas, las cuales se sometieron a dos regímenes hídricos diferentes: 20 cepas se cultivaron en secano con riego de supervivencia (S, 320 m^3/ha) y 30 cepas se cultivaron en regadío (R, 980 m^3/ha).

Rendimiento y parámetros fisicoquímicos de los mostos

Llegado el momento en que los muestreos de uva alcanzaron 12,5 – 13,5 ºBé, se cosecharon 5 cepas representativas (n = 5) de cada tratamiento hídrico. Tortozona tinta fue la única variedad que se vendimió entre 11,5 – 12,5 ºBé al conocerse, de experiencias previas, que su coloración tan solo permite la elaboración de vino rosado. Cada cepa se trató individualmente, determinándose su rendimiento (kg/cepa) y en el mosto obtenido por estrujado, se determinó los sólidos solubles totales (ºBé), acidez total (g/L), ácido málico (g/L), pH y potasio (mg/L) de acuerdo con los métodos oficiales de la OIV (2021).

Parámetros de calidad de la uva

En vendimia, una muestra representativa de uva de unos 2 kg de cada tratamiento hídrico se congeló para el posterior análisis de parámetros de calidad. A partir de las muestras descongeladas, se preparó un extracto utilizando una solución acuosa de HCl 0,1 N ajustada a pH 1 con NaOH, con el fin de determinar el potencial de extracción total de la uva. A partir de dicho extracto, se analizaron antocianos siguiendo la metodología descrita por Ribereau-Gayon and Stronestreet (1965) y parámetros cromáticos (índice de color y tonalidad) a partir del método de Glories (1984). Por otra parte, con el fin de determinar los precursores glicosilados de los compuestos aromáticos varietales, en uvas se analizó el índice de potencial aromático varietal (IPAv) siguiendo el método descrito por Serrano de la Hoz et al. (2014). Las medidas de todos estos parámetros se hicieron por duplicado (n = 2).

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza de una vía (ANOVA, $\alpha = 0,05$) separando las medias mediante la prueba de múltiples rangos de Duncan. Con el fin de agrupar combinaciones variedad-régimen hídrico teniendo en cuenta todas las variables determinadas, se realizó un análisis de conglomerados. Para el análisis estadístico se utilizó el software Statgraphics Centurion XVIII (Statgraphics Technologies, Las Llanuras, Virginia, EE.UU.)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento y parámetros fisicoquímicos de los mostos

Como era de esperar, en la mayoría de variedades la sequía disminuyó el rendimiento (Tabla 2). Moravia Agria R y Tinto Velasco R destacaron por mostrar mayores rendimientos que el resto de minoritarias y de variedades utilizadas como referencia (> 4,2 kg/cepa). La variedad menos productiva fue Tinto Fragoso, con rendimientos semejantes a Tempranillo en secano (en torno a 1 kg/cepa). La sequía afectó de forma notable a la maduración de Tempranillo, la cual no alcanzó un grado de azúcares adecuado cuando se cultivó en secano. En todos los casos, la acidez total y la acidez málica fue más elevada en los tratamientos S que en los R. Tempranillo mostró baja acidez total en sus dos regímenes hídricos (en torno a 4 g/L), le siguieron Tinto Velasco R, Garnacha Tinta R y Moribel R (≤ 4,3 g/L). Contrariamente, Merlot, Syrah S, Tortozona Tinta y Benedicto S destacaron por su elevada acidez (> 6 g/L). Las uvas de Moribel R y Tempranillo R conservaban cantidades apreciables de ácido málico al final de la maduración (1,5 g/L), siendo aún superadas por las de Bobal R y Syrah R (1,8 g/L); mientras, Garnacha Tinta, Tortozona Tinta S y Merlot S lo perdían en la práctica, quedando con menos de 0,5 g/L. El pH fue adecuado en la mayoría de variedades, con valores medios no superiores a 3,6. Sin embargo, acorde con sus elevados valores de acidez total, Tortozona Tinta manifestó los pH más bajos (en torno a 3). Las variedades que se comportaron como más potasófilas fueron Syrah y Tinto Fragoso S, con concentraciones de potasio superiores a los 1800 mg/L. Contrariamente, Tempranillo no hizo justiciar a su mala reputación: sus mostos presentaron la menor concentración de potasio.

Parámetros de calidad de la uva

En todos los casos (excepto Syrah) la sequía aumentó el contenido antociánico de las uvas, sin embargo, no siempre en secano se obtuvieron mayores índices de color, mayores IPAv o tonalidades más bajas (Tabla 3). Los antocianos presentaron las concentraciones más bajas en variedades como Garnacha Tinta, Bobal y, sobre todo, en Tortozona Tinta con valores que auguran mayor potencial para la obtención de vinos rosados que de tintos. En el extremo opuesto se encontró Tinto Fragoso, cuyos valores de antocianos fueron equiparables a los obtenidos en Syrah bajo regadío (superiores a 1000 mg/kg), lo que le otorga gran interés para la obtención de vinos tintos con capa. El índice de color presentó valores mayores a 1 en variedades como Tempranillo, Moravia Agria, Tinto Fragoso y Tinto Velasco S, manifestando, por tanto, potencial para la obtención de color. Siguiendo la misma tendencia que los antocianos, Syrah sufrió una importante reducción del índice de color cuando se cultivó en secano, presentando valores incluso inferiores a los obtenidos en Tortozona Tinta (≤ 0,35). Los altos valores de tonalidad de Garnacha Tinta, Syrah S y Tortozona Tinta indicaron una alta presencia de tonos amarillos respecto de rojos, lo que, junto con su bajo índice de color, les otorgan un menor

potencial para la obtención de vinos tintos. Los precursores aromáticos varietales (es decir, el IPAv) mostraron las cifras más bajas en Tortozona Tinta, sin embargo, con valores superiores a 15 sobresalieron Benedicto R y Garnacha Tinta S, presagiando un alto potencial para liberar compuestos aromáticos varietales.

Agrupación multivariable de variedades basada en similitudes entre ellas

Teniendo en cuenta todas las variables determinadas, se realizó un análisis de conglomerados con el fin de agrupar combinaciones variedad-régimen hídrico basado en sus similitudes. Mediante este análisis se pudo identificar 7 agrupaciones, cuyas principales características se detallan en la Fig. 1. Como se puede observar, utilizando los parámetros medidos, parece tener más importancia en la separación de las distintas combinaciones la variedad que el régimen hídrico, excepto en Moribel y Tinto Velasco. Esto pone de manifiesto que dichas variedades se pueden ver más influenciadas por la sequía que el resto.

Con esta caracterización varietal se inicia una selección de material vegetal de vid con una respuesta seductora para Castilla La Mancha en un escenario de cambio climático. Aparte de ciertas variedades conocidas, ampliamente cultivadas en la región (Tempranillo, Bobal, Garnacha Tinta y Syrah), esto implica también a ciertos cultivares minoritarias (Tinto Velasco y Moravia Agria) e incluso otros olvidados (Benedicto, Tinto Fragoso, Moribel y Tortozona Tinta) que parecen rendir interesantes producciones con diferente vocación.

REFERENCIAS

Glories, Y. 1984. La couleur des vins rouges. Conn. Vigne Vin. 18: 253-271.

Organización Internacional de la Viña y el Vino. 2021. Compendio de los métodos internacionales de análisis de los vinos y de los mostos.

Ribereau-Gayon, P and Stronestreet, E. 1965. Le dosage des anthoccyanes dans les vins rouges. Bull. Soc. Chim. 9: 2649–2652.

Serrano de la Hoz, K., Carmona, M., Zalacain, A., Alonso, G. L. and Salinas, M. R. 2014. The varietal aroma potential index (IPAv): A tool to evaluate the quality of grapes and wines, white and red. 37th World Congress of Vine and Wine, 9–14 November 2014, Mendoza, Argentina.

Tablas

Tabla 1. Variedades estudiadas.

Referencia	Minoritarias
Bobal	Benedicto
Garnacha Tinta	Moravia Agria
Merlot	Moribel
Syrah	Tinto Fragoso
Tempranillo	Tinto Velasco
	Tortozona Tinta

Tabla 2. Rendimiento y parámetros fisicoquímicos de los mostos (valor medio ± desviación estándar, $n = 5$).

	Variedad – régimen hídrico	Rto. (kg/cepa)	SST (ºBé)	Acidez total (g/L)	pH	Ác. Málico (g/L)	K^+ (mg/L)
Referencia	Bobal R	3,9 ± 2,0 ^{fgh}	12,3 ± 0,4 $^{b-f}$	5,0 ± 0,3 $^{b-e}$	3,6 ± 0,1 $^{h-k}$	1,8 ± 0,2 ^{j}	1624,0 ± 111,0 ^{hi}
	Bobal S	3,4 ± 1,1 ^{efg}	12,4 ± 0,4 $^{c-f}$	5,7 ± 0,2 $^{e-g}$	3,5 ± 0,1 $^{e-h}$	1,3 ± 0,1 ^{g}	1662,6 ± 97,0 ^{ij}
	Garnacha Tinta R	1,8 ± 0,4 $^{a-d}$	13,6 ± 0,5 ^{l}	4,3 ± 0,2 ^{ab}	3,4 ± 0,1 $^{d-g}$	0,5 ± 0,1 ^{ab}	1432,6 ± 53,8 ^{fg}
	Garnacha Tinta S	2,3 ± 0,9 $^{b-e}$	13,8 ± 0,2 ^{l}	5,1 ± 0,5 $^{b-f}$	3,3 ± 0,1 ^{cde}	0,3 ± 0,1 ^{a}	1478,4 ± 86,0 ^{gh}
	Merlot R	2,8 ± 0,6 $^{c-f}$	13,5 ± 0,1 $^{i-l}$	6,8 ± 0,9 ^{hi}	3,5 ± 0,0 $^{f-i}$	0,8 ± 0,1 ^{de}	1296,6 ± 103,3 ^{ef}
	Merlot S	1,7 ± 0,5 $^{a-d}$	13,4 ± 0,4 $^{h-l}$	7,5 ± 1,7 ^{i}	3,5 ± 0,1 $^{h-k}$	0,5 ± 0,1 ^{bc}	1284,5 ± 200,6 ^{ef}
	Syrah R	2,4 ± 0,3 $^{b-e}$	13,5 ± 0,3 ^{jkl}	5,7 ± 0,4 ^{efg}	3,6 ± 0,1 ^{jk}	1,8 ± 0,1 ^{j}	1824,0 ± 161,2 ^{jk}
	Syrah S	1,8 ± 0,1 $^{a-d}$	13,6 ± 0,9 ^{kl}	7,1 ± 0,6 ^{i}	3,6 ± 0,1 $^{h-k}$	1,3 ± 0,2 ^{ghi}	2189,3 ± 294,8 ^{l}
	Tempranillo R	2,2 ± 0,5 $^{a-e}$	12,9 ± 0,1 $^{f-i}$	4,0 ± 0,2 ^{a}	3,6 ± 0,1 ^{jk}	1,5 ± 0,1 ^{i}	1017,3 ± 30,3 ^{ab}
	Tempranillo S	1,4 ± 0,1 ^{ab}	11,8 ± 1,3 ^{abc}	4,3 ± 0,2 ^{abc}	3,6 ± 0,0 ^{ijk}	1,3 ± 0,2 ^{gh}	968,5 ± 69,2 ^{a}
Minoritarias	Benedicto R	3,0 ± 0,7 ^{def}	12,9 ± 0,1 $^{f-k}$	5,2 ± 0,1 $^{c-f}$	3,3 ± 0,0 ^{cd}	0,9 ± 0,1 ^{ef}	1068,8 ± 76,7 ^{abc}
	Benedicto S	1,6 ± 0,6 ^{abc}	12,8 ± 0,3 $^{e-h}$	6,0 ± 0,2 ^{gh}	3,3 ± 0,1 ^{c}	0,6 ± 0,1 ^{bcd}	1226,9 ± 17,0 ^{cde}
	Moravia Agria R	4,8 ± 1,7 ^{h}	11,7 ± 0,4 ^{ab}	5,7 ± 0,4 $^{e-g}$	3,3 ± 0,1 ^{c}	1,2 ± 0,2 ^{g}	1161,0 ± 40,8 $^{b-e}$
	Moravia Agria S	2,2 ± 0,8 $^{a-e}$	12,2 ± 0,2 $^{b-e}$	5,9 ± 0,3 ^{fg}	3,4 ± 0,1 $^{c-f}$	0,6 ± 0,1 ^{cd}	1264,8 ± 149,7 ^{def}
	Moribel R	3,4 ± 0,7 ^{efg}	13,8 ± 0,3 ^{l}	4,2 ± 1,0 ^{ab}	3,6 ± 0,2 ^{k}	1,5 ± 0,1 ^{hi}	1589,0 ± 73,8 ^{ghi}
	Moribel S	1,8 ± 0,6 $^{a-d}$	13,3 ± 0,1 $^{h-l}$	4,7 ± 0,5 $^{a-d}$	3,5 ± 0,1 $^{h-k}$	1,2 ± 0,1 ^{g}	1544,2 ± 77,8 ^{ghi}
	Tinto Fragoso R	1,0 ± 0,3 ^{a}	12,3 ± 0,4 $^{b-f}$	5,0 ± 0,2 $^{b-e}$	3,5 ± 0,0 $^{f-i}$	1,3 ± 0,2 ^{gh}	1706,9 ± 111,7 ^{ij}
	Tinto Fragoso S	1,3 ± 1,1 ^{ab}	13,2 ± 0,5 $^{g-l}$	5,6 ± 0,8 $^{d-g}$	3,5 ± 0,1 $^{g-j}$	1,3 ± 0,2 ^{gh}	1948,0 ± 173,9 ^{k}
	Tinto Velasco R	4,2 ± 0,8 ^{gh}	12,6 ± 0,5 $^{d-g}$	3,9 ± 0,3 ^{a}	3,6 ± 0,1 $^{h-k}$	1,2 ± 0,1 ^{g}	1617,8 ± 56,5 ^{hi}

Tinto Velasco S	3,0 ± 0,9 [def]	12,9 ± 0,3 [f-j]	4,4 ± 0,3 [abc]	3,6 ± 0,1 [jk]	1,0 ± 0,2 [f]	1672,6 ± 122,4 [ij]
Tortozona Tinta R	3,0 ± 1,1 [def]	12,0 ± 0,3 [a-d]	7,1 ± 0,5 [i]	3,1 ± 0,0 [b]	0,7 ± 0,3 [cde]	1277,6 ± 87,1 [ef]
Tortozona Tinta S	1,8 ± 0,2 [a-d]	11,5 ± 0,4 [a]	9,7 ± 0,8 [j]	2,9 ± 0,1 [a]	0,3 ± 0,1 [a]	1106,6 ± 108,9 [a-d]

Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$).

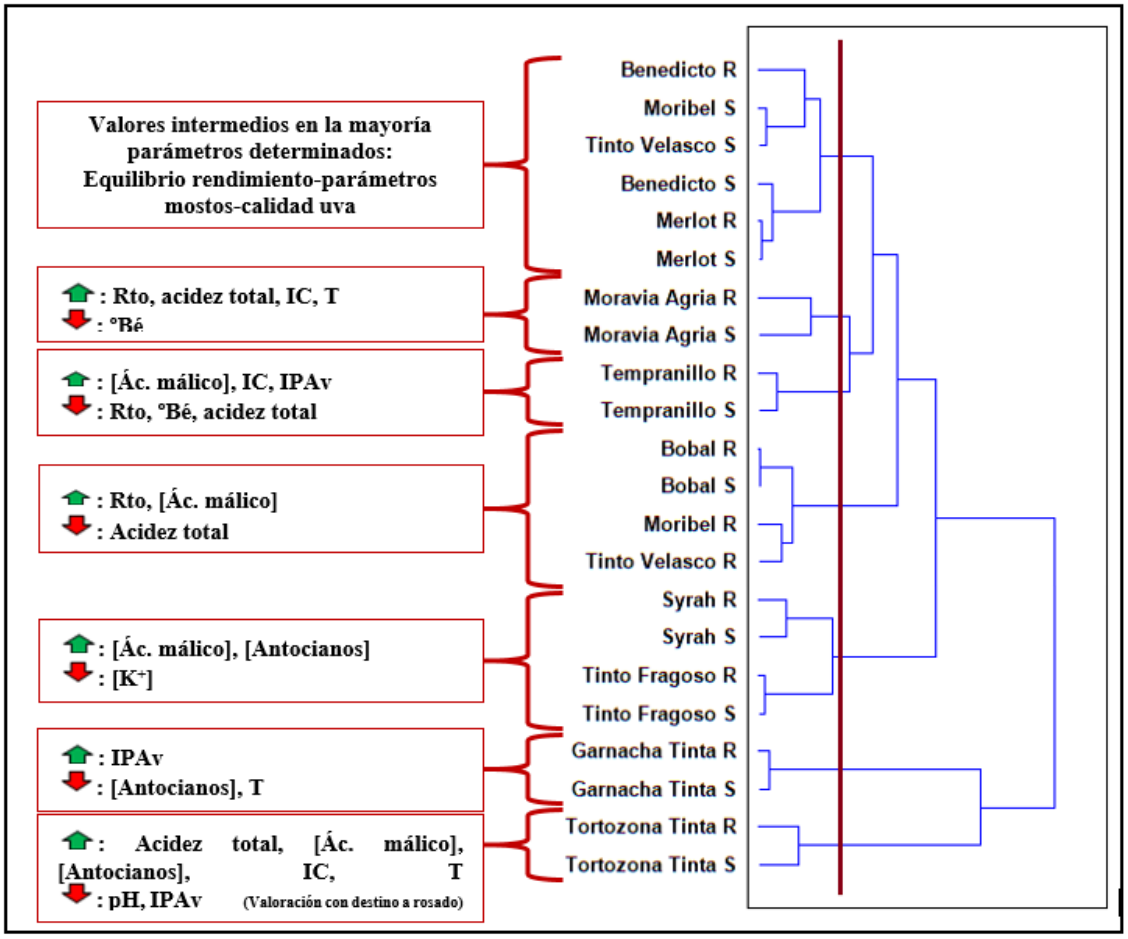
Tabla 3. Parámetros de calidad de la uva (valor medio ± desviación estándar, $n = 2$).

	Variedad – régimen hídrico	Antocianos (mg/kg)	IC	T	IPAv
Referencia	Bobal R	347,05 ± 4.48 [b]	0,58 ± 0.01 [c]	0,33 ± 0.00 [bc]	12,14 ± 0.06 [n]
	Bobal S	383,60 ± 10.86 [c]	0,78 ± 0.06 [de]	0,33 ± 0.00 [bcd]	10,83 ± 0.10 [l]
	Garnacha Tinta R	227,01 ± 3.60 [a]	0,33 ± 0.00 [a]	0,48 ± 0.00 [h]	14,50 ± 0.07 [p]
	Garnacha Tinta S	323,39 ± 0.40 [b]	0,54 ± 0.01 [bc]	0,43 ± 0.00 [g]	18,37 ± 0.05 [r]
	Merlot R	557,96 ± 3.71 [d]	0,64 ± 0.07 [cd]	0,35 ± 0.01 [cde]	10,12 ± 0.29 [k]
	Merlot S	660,49 ± 8.32 [fg]	0,93 ± 0.01 [ef]	0,34 ± 0.00 [b-e]	10,90 ± 0.04 [l]
	Syrah R	1073,75 ± 2.67 [l]	0,85 ± 0.02 [ef]	0,35 ± 0.00 [cde]	8,79 ± 0.15 [g]
	Syrah S	910,58 ± 27.35 [k]	0,35 ± 0.01 [a]	0,40 ± 0.00 [f]	7,46 ± 0.02 [d]
	Tempranillo R	539,10 ± 4.60 [d]	1,28 ± 0.01 [h]	0,36 ± 0.01 [e]	9,23 ± 0.02 [h]
	Tempranillo S	689,14 ± 29.90 [gh]	1,64 ± 0.29 [j]	0,35 ± 0.01 [de]	14,06 ± 0.01 [o]
Minoritarias	Benedicto R	718,91 ± 14.88 [hi]	0,95 ± 0.04 [f]	0,35 ± 0.00 [de]	16,67 ± 0.02 [q]
	Benedicto S	764,35 ± 28.30 [j]	0,94 ± 0.07 [ef]	0,34 ± 0.00 [b-e]	11,73 ± 0.03 [m]
	Moravia Agria R	637,28 ± 7.92 [f]	1,56 ± 0.01 [ij]	0,29 ± 0.00 [a]	6,88 ± 0.02 [c]
	Moravia Agria S	753,83 ± 5.41 [j]	1,53 ± 0.00 [ij]	0,29 ± 0.00 [a]	7,31 ± 0.08 [d]
	Moribel R	408,39 ± 6.46 [c]	0,64 ± 0.02 [cd]	0,35 ± 0.00 [e]	9,49 ± 0.00 [i]
	Moribel S	590,14 ± 15.54 [e]	0,78 ± 0.01 [de]	0,35 ± 0.00 [e]	11,83 ± 0.01 [m]
	Tinto Fragoso R	1095,53 ± 27.97 [l]	1,44 ± 0.02 [i]	0,35 ± 0.02 [cde]	9,92 ± 0.24 [j]
	Tinto Fragoso S	1065,68 ± 24.66 [l]	1,42 ± 0.07 [hi]	0,33 ± 0.01 [bc]	8,22 ± 0.03 [e]
	Tinto Velasco R	745,12 ± 0.46 [ij]	0,90 ± 0.03 [ef]	0,32 ± 0.04 [a]	8,48 ± 0.06 [f]
	Tinto Velasco S	747,98 ± 17.50 [ij]	1,12 ± 0.01 [g]	0,35 ± 0.00 [e]	13,24 ± 0.05 [ñ]
	Tortozona Tinta R	251,83 ± 0.62 [a]	0,41 ± 0.00 [ab]	0,43 ± 0.01 [g]	5,43 ± 0.00 [b]
	Tortozona Tinta S	247,49 ± 7.94 [a]	0,35 ± 0.05 [a]	0,40 ± 0.00 [f]	4,38 ± 0.02 [a]

Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$).

Figuras

Fig 1. Clasificación y principales características de cada agrupación identificada mediante análisis de conglomerados.



SESIÓN 4. Nuevas tecnologías al servicio de la viticultura

Persistencia y evolución de *Cynodon dactylon* como mala hierba en viñedo ecológico mediante teledetección con UAV

Jorge Torres-Sánchez[1]*, Pilar Ramírez[2], Juan Manuel León-Gutiérrez[2], Francisca López-Granados[1]
[1] Grupo imaPing, Instituto de Agricultura Sostenible-CSIC, Avda. Menéndez Pidal, s/n, 14004, Córdoba.
[2] Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), Centro de Cabra, Antigua Ctra. Cabra-Doña Mencía, Km. 2,5, 14940, Cabra, Córdoba.

**Autor para correspondencia:jtorres@ias.csic.es.*

Resumen
***Cynodon dactylon* (grama) es una mala hierba perenne de difícil control en viñedo. Diversas especies de malas hierbas se distribuyen en rodales que persisten espacial y temporalmente, lo que tiene importantes implicaciones en su control localizado ya que facilita dirigir su manejo a las zonas infestadas. La teledetección con vehículos aéreos no tripulados (UAV por sus siglas en inglés) ha supuesto un gran avance para la cartografía de malas hierbas. En el caso del viñedo, esta tecnología ha permitido generar mapas de infestación de grama en viñedos con y sin cubierta en las calles. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la persistencia y evolución de *C. dactylon* en un viñedo ecológico variedad 'Pedro Ximénez' naturalmente infestado por grama sin cubierta entre calles empleando imágenes UAV tomadas durante dos años consecutivos. La comparativa entre mapas mostró que el 80% de la superficie cubierta por grama en el primer año seguía estando infestada al año siguiente pese a que se realizaron dos tratamientos de laboreo y siega manual. También se constató un incremento de la superficie de grama en torno al 100%, estando más del 90% de las nuevas infestaciones en una distancia ≥ 1 m respecto a rodales iniciales. Estos resultados muestran la persistencia de los rodales de grama y su papel como focos de dispersión.**

Palabras clave: grama, multitemporal, OBIA, viticultura de precisión, Pedro Ximénez

INTRODUCCIÓN

Cynodon dactylon (L.) Pers. (grama) es una mala hierba perenne estolonífera, principalmente con rizomas, muy competitiva, tolerante a la salinidad y a la siega, ampliamente adaptada a gran variedad de suelos y climas, y muy difícil de erradicar (NSP FAO, 2022). En el viñedo, por ser una hierba perenne de verano, compite por el agua, lo que la convierte en una especie especialmente problemática en zonas con precipitaciones escasas. Se ha demostrado que malas hierbas como *Ecballium elaterium* en almendro (Blank et al., 2019), o *Avena sterilis* en trigo (Castillejo-González et al., 2019) presentan una distribución en rodales estables espacial y temporalmente. Esta persistencia tiene gran importancia para el desarrollo de estrategias de control localizado usando mapas de prescripción para el año presente y, dada la estabilidad temporal de los rodales, para el año siguiente (Castro et al., 2012). La teledetección con vehículos aéreos no tripulados (UAV por sus siglas en inglés) ha supuesto un gran avance para la cartografía de malas hierbas (Esposito et al., 2021; Torres-Sánchez et al., 2021). En el caso del

viñedo, esta tecnología-UAV combinada con análisis de imagen orientado a objetos (OBIA por sus siglas en inglés), ha permitido generar mapas de infestación de *C*. *dactylon* en viñedos con y sin cubierta entre calles (de Castro et al., 2020; Jiménez-Brenes et al., 2019). Por todo lo expuesto anteriormente, el objetivo del presente trabajo fue la evaluación de la persistencia y evolución de las infestaciones de *C*. *dactylon* en un viñedo ecológico sin cubierta empleando imágenes UAV y análisis OBIA.

MATERIALES Y MÉTODOS

Parcela de estudio, material vegetal y vuelos UAV

El trabajo se desarrolló en un viñedo de 0,4 ha situado en la finca experimental del IFAPA de Cabra (Córdoba), plantado en 2013 con variedad 'Pedro Ximénez' sobre el portainjerto 140 Ruggeri (140 Ru) en hileras orientadas de Este a Oeste y conducidas en cordón doble, marco de plantación 2.5 × 1.2 metros. El manejo del cultivo se realizó siguiendo el Reglamento (UE) Nº 2018/848 sobre producción y etiquetado de productos ecológicos. Los espacios entre hileras se manejaron bianualmente mediante siega manual y laboreo, lo que controló eficazmente todas las especies de malas hierbas excepto *C*. *dactylon* resultando en un espacio limpio entre hileras en el que se constataron rodales de grama (Fig. 1). Los vuelos se realizaron en junio 2016 y 2017 utilizando un UAV (MD4-1000) equipado con una cámara convencional modelo Olympus PEN E-PM1 (12,2 megapíxeles) volando a 30 m de altura con 60% y 89% de solapes transversal y longitudinal, respectivamente. Las imágenes-UAV se procesaron mediante el software Agisoft PhotoScan para la generación de ortomosaicos y modelos 3D en formato de modelo digital de superficies (MDS).

Generación y comparativa de mapas de infestación

Los ortomosaicos-UAV generados en ambos años se analizaron con un procedimiento OBIA automático para la discriminación de las siguientes clases: viña, suelo desnudo y grama. Esta metodología fue diseñada y validada por Jiménez-Brenes et al., (2019) sobre la misma parcela e imágenes que en el presente trabajo, alcanzándose precisiones del 99% en la cartografía anual de grama. Para el estudio de la persistencia, se superpusieron los mapas de clasificación de ambos años y, posteriormente, para analizar la dispersión de *C*. *dactylon* se calculó de forma automática la distancia entre las nuevas infestaciones de 2017 y las previas detectadas en 2016. Para este último análisis, los mapas de grama de 2016 y 2017 (con zonas coincidentes y nuevos rodales de grama) se convirtieron a un formato de cuadrícula de puntos espaciados 0,25 m, calculándose la distancia de cada punto de nueva infestación de 2017 al punto más cercano de grama de 2016. La clasificación de los ortomosaicos y la comparativa entre clasificaciones se realizaron en software libre y lenguaje de programación R (R Core Team, Viena, Austria). La Figura 2 se generó utilizando el software libre QGIS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la comparativa entre mapas de clasificación incluyendo todas las clases (suelo, grama y viña), se comprobó que parte de la superficie cubierta por grama en 2016 pasó a estar clasificada como viña en 2017. Esto se debió a que en 2016 la viña no cubría la espaldera por completo (Fig. 1) mientras que en 2017 sí lo hacía y ocultaba parte de la grama. Ya que en las zonas entre hileras la grama permanecía estable en los dos años, y a que en campo se constató que había grama bajo la viña en 2017, la superficie clasificada como viña en 2017 pero que en 2016 era grama fue reclasificada como grama para realizar los mapas de infestación y los subsiguientes análisis. Las infestaciones de *C*. *dactylon* de 2016 se mantuvieron en el espacio y

se expandieron en 2017 pese a los tratamientos de control aplicados (Fig. 2). En 2016 la grama ocupaba un 8% de la superficie de la parcela, duplicándose en 2017 hasta un 16.7%. El 79.2% de la superficie cubierta por grama en 2016 seguía estándolo en 2017, lo que certifica la estabilidad de las infestaciones de *C*. *dactylon*.

Más del 95% de las nuevas detecciones de *C*. *dactylon* en 2017 se encontraban a 1 m o menos de los rodales detectados en 2016 (Fig. 3). Estos resultados muestran que los rodales de grama de un año actuaron como focos de dispersión para nuevas infestaciones. También indican que la estrategia de control desarrollada no fue eficaz y debe diseñarse una nueva que considere la estabilidad de las infestaciones y la capacidad de rebrote a partir de estolones de *C*. *dactylon*. En resumen, el análisis OBIA de las imágenes-UAV tomadas durante dos años mostró que los rodales de grama infestando un viñedo ecológico se mantuvieron estables en el tiempo y actuaron como focos de dispersión para nuevas infestaciones. Futuros trabajos analizarán más parcelas durante más años para confirmar estos resultados y se orientarán al desarrollo de estrategias multitemporales que mejoren el control de *C*. *dactylon*.

Agradecimientos

Trabajo financiado por los proyectos Retos Sociedad AGL2017-83325-C4-4R y PID2020-113229RB-C44 (MCIN/AEI/10.13039/501100011033), y TRANSVITI (Transferencia y Cooperación en Vitivinicultura Andaluza, PP.TRA.TRA2019.007, Programa Operativo FEDER-Andalucía 2014-2022). Los autores agradecen a la Dra. de Castro y al Dr. F.M. Jiménez-Brenes su colaboración en trabajos de campo y de gabinete.

Referencias

Blank, L., Birger, N. and Eizenberg, H., 2019. Spatial and temporal distribution of *Ecballium elaterium* in almond orchards. Agronomy 9, 751.

Castillejo-González, I.L., de Castro, A.I., Jurado-Expósito, M., Peña, J.-M., García-Ferrer, A., López-Granados, F., 2019. Assessment of the persistence of *Avena sterilis* L. patches in wheat fields for site-specific sustainable management. Agronomy 9, 30.

de Castro, A.I. de, Jurado-Expósito, M., Peña-Barragán, J.M. and López-Granados, F., 2012. Airborne multi-spectral imagery for mapping cruciferous weeds in cereal and legume crops. Precision Agric. 13:302–321.

de Castro, A.I., Peña, J.M., Torres-Sánchez, J., Jiménez-Brenes, F.M., Valencia-Gredilla, F., Recasens, J. and López-Granados, F., 2020. Mapping *Cynodon dactylon* infesting cover crops with an automatic decision tree-OBIA procedure and UAV imagery for precision viticulture. Remote Sens. 12, 56.

Esposito, M., Crimaldi, M., Cirillo, V., Sarghini, F. and Maggio, A., 2021. Drone and sensor technology for sustainable weed management: a review. Chem. Biol. Tech. Agric. 8, 18.

Jiménez-Brenes, F.M., López-Granados, F., Torres-Sánchez, J., Peña, J.M., Ramírez, P., Castillejo-González, I.L. and de Castro, A.I. de, 2019. Automatic UAV-based detection of *Cynodon dactylon* for site-specific vineyard management. PLoS One 14, e0218132.

NSP FAO, 2022. Plant Production and Protection Division: *Cynodon dactylon* [WWW Document]. URL https://bit.ly/3L5zAav (accessed 5.9.22).

Reglamento (UE) Nº 2018/848. DOUE-L-2018-80995.

Torres-Sánchez, J., Mesas-Carrascosa, F.J., Jiménez-Brenes, F.M. de Castro, A.I. and López-Granados, F. 2021. Early detection of broad-leaved and grass weeds in wide row crops using artificial neural networks and UAV imagery. Agronomy, 11, 749, doi:10.3390/agronomy11040749.

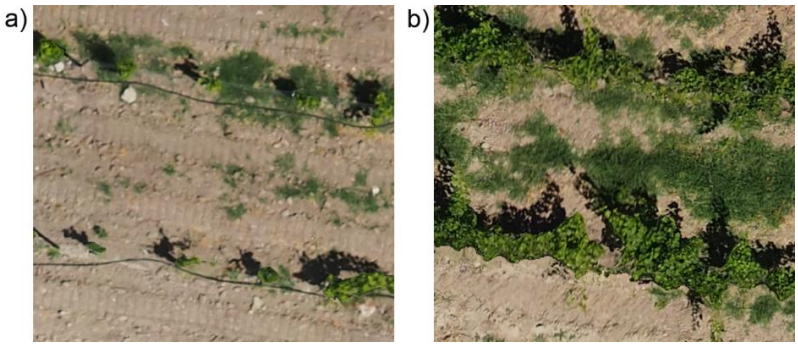


Fig. 1. Vistas aéreas de la viña y los rodales de grama en la misma zona: (a) 2016, (b) 2017.

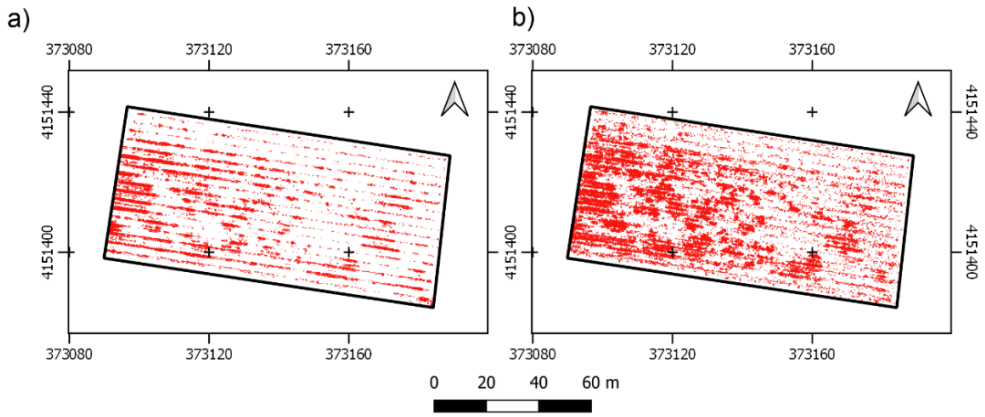


Fig. 2. Cartografía en rojo de las infestaciones de grama: (a) 2016, (b) 2017

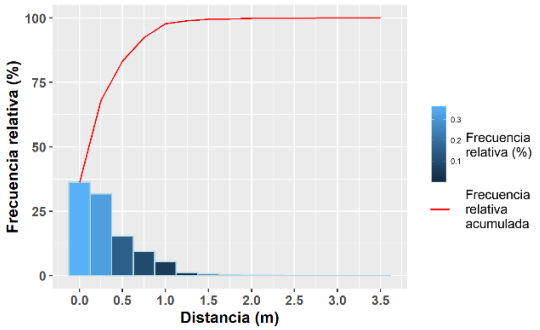


Fig. 3. Histograma de frecuencias relativas de la distancia entre las nuevas infestaciones

Aplicación variable de fitosanitarios en viña. Combinación de mapas de vegetación y boquillas de pulso variable (PWM).

F. Garcia-Ruiz[1], R. Salcedo[1], J. Biscamps[1], F. Rovira-Más[2], A. Cuenca[2] y E. Gil[1].

[1] Departamento de Ingeniería Agroalimentaria y Biotecnología (DEAB), Universitat Politècnica de Catalunya, Castelldefels, Barcelona. Fco.jose.garcia@upc.edu, ramon.salcedo@upc.edu, jordi.biscamps@upc.edu, emilio.gil@upc.edu.
[2] Departamento de Ingeniería Rural y Agroalimentaria, Universitat Politècnica de València, Valencia. frovira@dmta.upv.es, ancuecu1@upv.es.

Palabras clave: Teledetección, GIS, dron, viñedo, sostenibilidad, reducción de cobre

Resumen:
La aplicación variable de productos fitosanitarios en base a mapas está experimentando un creciente interés en el sector vitícola, posicionándose como una estrategia relevante para hacer frente a los retos fijados por el Pacto Verde Europeo. Las válvulas PWM ofrecen una regulación del caudal de la boquilla manteniendo las condiciones del tamaño de la gota. En el proyecto PIVOS (PID2019-104289RB) se diseñó un prototipo de aplicación variable de fitosanitarios para viñedo basado en mapas y boquillas reguladas mediante válvulas PWM. Se evaluó el funcionamiento del mismo, así como los ahorros potenciales en producto fitosanitario aplicado. Los experimentos se llevaron a cabo en un viñedo conducido en espaldera situado en la D.O. Penedès (Catalunya). Se realizaron dos tratamientos con oxicloruro de cobre en dos estadios fenológicos distintos. En cada una de las fechas seleccionadas se generó el mapa de prescripción a partir de imágenes obtenidas mediante un sensor multiespectral embarcado en un dron. Cada zona de la parcela se clasificó según su valor NDVI en tres clases de vigor (bajo, medio o alto). En cada zona se determinó el volumen de aplicación adecuado según las características de la vegetación usando la herramienta DOSAVIÑA®. El equipo de aplicación fue un atomizador multifila (HARDI Zaturn) con bajantes verticales. Los resultados demostraron la capacidad del prototipo desarrollado para actuar acorde al mapa de prescripción, regulando los ciclos de las válvulas PWM para ajustar el caudal necesario. Con ello se consiguió una reducción del uso de fitosanitarios superior al 20% en los dos ensayos realizados.

INTRODUCCIÓN

Los tratamientos fitosanitarios siguen siendo una de las principales fuentes de contaminación en la agricultura. Esto se debe a que una fracción de las gotas aplicadas durante las operaciones de control de plagas y enfermedades termina en el suelo o va más allá de los límites de la parcela en forma de deriva aérea (Salcedo et al., 2021). Esto es especialmente importante por el impacto social que genera, con riesgos de efectos negativos en los recursos hídricos y el medio ambiente, a la vez que genera costes innecesarios para los productores. Ante este panorama, la Unión Europea ha implementado la estrategia Farm to Fork que pretende reducir hasta un 50% el uso de productos fitosanitarios y fertilizantes en la agricultura para el año 2030 (EC, 2020), todo ello dentro del denominado Pacto Verde Europeo (EC, 2019).

La tecnología de aplicación variable de fitosanitarios surge como una de las posibles soluciones para conseguir el reto de reducción planteado y un uso óptimo de los mismos. Esta tecnología permite variar en continuo la cantidad de producto adaptándola a las necesidades del

cultivo en cada zona de la parcela (Gu et al., 2020). La caracterización del cultivo se puede hacer con sensores a tiempo real o en base a mapas de vegetación generados a partir de imágenes aéreas. El ajuste del volumen de aplicación correspondiente se consigue mediante la regulación del caudal de las boquillas. Un posible método puede ser un sistema basado en cambio de presión que permiten controlar el caudal final. Sin embargo, ello supone también un cambio en las condiciones de trabajo y en el tamaño de la gota, lo que puede tener consecuencias sobre la deposición del producto, la distribución del mismo o la deriva. Las válvulas de modulación de anchos de pulsos (PWM) son electroválvulas muy comunes en la industria que se han empezado a implementar recientemente en atomizadores. Una de las principales ventajas que ofrecen es una regulación del caudal de la boquilla manteniendo las condiciones del tamaño de la gota. Estas válvulas ya se implementan exitosamente en pulverizadores de barras horizontales para tratamientos en cereal, pero todavía se sigue estudiando su integración en los equipos para aplicaciones en frutales y viña. Este trabajo presenta la validación en campo de un prototipo de máquina de aplicación variable con válvulas PWM, y compara los resultados y ahorros obtenidos frente a una aplicación convencional en un viñedo comercial.

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante el desarrollo del proyecto PIVOS (PID2019-104289RB) se modificó un pulverizador convencional para construir un prototipo de aplicación variable de fitosanitarios en base a mapas de prescripción. El sistema de control y actuación se montó sobre un pulverizador multifila modelo HARDI Zaturn (HARDI, Dinamarca), dotado de un tanque de 1300 L. El nuevo prototipo se caracterizaba por el uso de válvulas PWM Teejet (TeeJet, USA) colocadas antes de cada una de las boquillas en los bajantes de la máquina con un total de 24 solenoides con capacidad de actuación simultánea. El circuito hidráulico del equipo original se modificó incluyendo dos transductores de presión (1600B, Gems Sensors & Controls, Plainville, EEUU), uno en cada lado del equipo, un sensor de presión general ubicado a la salida de la bomba, y un caudalímetro de turbina (FT-08NEXWULEE-5, FTI Flow Technology Inc., Tempe, EEUU) para registrar el caudal instantáneo en todo momento. El sistema de control también incluye un receptor GPS (SX Blue, Canadá) para asignar de forma precisa la dosis prescrita en cada punto de la trayectoria del pulverizador.

El estudio se llevó a cabo en una parcela de viña de 5,1 ha situada en el municipio de El Plà del Penedès (Barcelona, España). La parcela estaba plantada con la variedad Macabeu y un marco de plantación de 1,2 x 2,8 m. Se llevaron a cabo dos ensayos de aplicación en las fechas 5 de junio y 21 de julio de 2022. En cada fecha, se realizaron dos tratamientos: 1) el tratamiento de referencia (REF) en el que las válvulas PWM funcionaban 100% abiertas simulando una aplicación convencional a 190 y 200 L ha^{-1} en junio y julio, respectivamente; y 2) el tratamiento variable (VAR) basados en el mapa de prescripción en el que los ciclos de las válvulas PWM se ajustaban en cada zona de vigor para aplicar el volumen de caldo obtenido a partir de la caracterización de la vegetación. En ambos experimentos, se usaron boquillas naranjas de cono hueco Albuz ATI80 (ISO 01) (Solcera, Francia), con un caudal unitario de 1,08 L min^{-1} a una presión de trabajo de 600 kPa, y se trabajó a una velocidad de avance de 7,0 km h^{-1}.

La generación de los mapas de prescripción se realizó empleando una cámara multiespectral (modelo RedEdge; Micasense, USA) equipada con cinco filtros espectrales en las regiones del visible e infrarojo cercano, embarcada en un dron (CondorBeta; Dronetools SL, España). El vuelo se llevó a cabo el 1 de junio de 2022, en un estado fenológico del viñedo cercano a tamaño guisante (BBCH 75). La ortofoto resultante (con resolución de 5 cm $pixel^{-1}$) se analizó para extraer el índice NDVI, a continuación se filtraron los pixeles correspondientes al

viñedo, eliminando de los posteriores cálculos aquellos pixeles que contenían suelo, sombras, u otras fuentes de ruido. La imagen filtrada se interpoló y reclasificó siguiendo un sistema de agrupación de datos basado en percentiles. Tras una operación de filtrado de vecinos para eliminar los pixeles aislados y homogeneizar las zonas, se generó el mapa de vegetación definitivo para la temporada 2022 con tres clases de vigor (bajo, medio y alto).

Cada una de las zonas de vigor identificadas se caracterizó mediante medidas manuales de los parámetros altura, anchura y densidad del cultivo, usando la App campo DOSAVIÑA® (Gil et al., 2019). Una vez determinados los volúmenes de aplicación, los mapas se convirtieron a formato vectorial con geometría punto intersectando una matriz de 100 puntos por parcela sobre el mapa del viñedo. Cada uno de los puntos de la matriz contenía las coordenadas longitud y latitud en grados decimales, altura sobre el nivel del mar en metros, y el caudal requerido en L m^{-1} (en base al volumen de aplicación requerido por zona, la velocidad de avance y el ancho de trabajo).

Se evaluó la calidad de distribución midiendo la deposición de producto en hojas seleccionadas en la parcela siguiendo un modelo de distribución de bloques al azar entro de cada zona de vigor. Dentro cada bloque, se seleccionaron aleatoriamente tres cepas, sobre el que dispusieron tres papeles de filtro, colocados aleatoriamente en diferentes partes de la copa. El ensayo empezaba con el tratamiento convencional, aplicando producto únicamente en los bloques asignados. Posteriormente, se colocaban nuevos papeles de filtro en los bloques del tratamiento experimental y se activaba el sistema inteligente del equipo para hacer el tratamiento. Los tratamientos se llevaron a cabo en condiciones de velocidad de viento inferiores a 3,0 m s^{-1}. Los papeles absorbentes fueron analizados posteriormente en laboratorio mediante espectrofotometría.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La altura y anchura de la pared de vegetación medida en campo, así como los volúmenes de aplicación resultantes para cada zona de vigor según la recomendación de DOSAVIÑA®, se presentan en la tabla 1. Cabe destacar que la diferencia en el ancho de la vegetación entre las dos fechas se debe a las labores de subida de alambres realizadas tras el primer ensayo. Esto hizo que la vegetación fuera más estrecha ganando densidad foliar por unidad de superficie. Por otro lado, el crecimiento de la vegetación el año 2022 fue en general limitado debido a la poca precipitación (170 mm de lluvia entre marzo a julio) y las altas temperaturas ambientales en los meses de mayor crecimiento.

El prototipo diseñado en el proyecto consiguió leer los mapas generados y aplicar de acuerdo con los caudales requeridos en ellos para cada una de las localizaciones (Fig.1). En la estrategia de referencia (REF), en la que se aplicaban 190 y 200 L ha^{-1} en el primer y segundo estadio de vegetación, se gastó un total de 979 y 1030 L de agua. Por otro lado, en los tratamientos con el prototipo (VAR) se consumieron 770 y 903 L de caldo. Esto supone una reducción de caldo respecto al tratamiento de referencia de un 21% en el primer estadio y del 12% en el segundo estadio, con un ahorro promedio en los dos tratamientos de un 17%. El ahorro en producto se considera igual que el ahorro en agua al tratarse las dos estrategias con la misma concentración de producto. Estos resultados están en línea con los obtenidos utilizando la técnica de aplicación variable basada en la modificación de la presión de trabajo en la que se consiguieron reducciones entre el 25-47% (Campos et al., 2019; Román et al., 2020) comparado con volúmenes de referencia superiores a 325 L ha^{-1}. Si bien el sistema PWM ha conseguido un 17% de ahorro promedio (comparado con una aplicación a no más de 200 L ha^{-1}), el ahorro hubiera sido superior al 40% de haberse comparado con una aplicación a 300 L ha^{-1} que es lo

estándar para la viticultura de la zona.

Este trabajo pone en relieve la importancia del uso de la tecnología al servicio de las operaciones de aplicación de fitosanitarios para conseguir una reducción de producto en línea con los objetivos del 50% de ahorro que propone la estrategia del Farm to Fork dentro del Pacto Verde Europeo.

Agradecimientos

El proyecto PIVOS (PID2019-104289RB) ha recibido financiación por parte del Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España. Los autores también quisieran agradecer el apoyo prestado por Ilemo Hardi SA, Randex Válvulas Ibéricas SL, TeeJet Technologies Europe y al viticultor Andreu Piñol.

Referencias

Campos, J., Llop, J., Gallart, M., Garcia-Ruiz, F., Gras, A., Salcedo, R., and Gil, E. 2019. Development of canopy vigour maps using UAV for site-specific management during vineyard spraying process. Precis. Agric. 20:1136–1156.

EC, European Commission. 2019. The European Green Deal, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social, Committee and the Committee of the Regions, 2019.

EC, European Commission. 2020. A Farm to Fork Strategy-For a fair, healthy and environmentally-friendly food system, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social, Committee and the Committee of the Regions, 2020.

Gil, E., Campos, J., Ortega, P., Llop, J., Gras, A., Armengol, E., Salcedo, R., and Gallart, M. 2019. DOSAVIÑA: Tool to calculate the optimal volume rate and pesticide amount in vineyard spray applications based on a modified leaf wall area method. Comput. Electron. Agric. 160:117-130.

Gu, C., Wang, X., Wang, X., Yang, F., and Zhai, C. 2020. Research progress on variable-rate spraying technology in orchards. Appl. Eng. Agric. 36(6):927-942.

Román, C., Llorens, J., Uribeetxebarria, A., Sanz, R., Planas, S. and Arnó, J. 2020. Spatially variable pesticide application in vineyards: part ii, field comparison of uniform and map-based variable dose treatments. Biosyst. Eng. 195:42–53.

Salcedo, R., Zhu, H., Ozkan, E., Falchieri, D., Zhang, Z., and Wei, Z. 2021. Reducing ground and airborne drift losses in young apple orchards with PWM-controlled spray systems. Comput. Electron. Agric. 189:106389.

Tabla 1. Caracterización de la vegetación (altura y anchura) en cada zona de vigor (VAR) y en el tratamiento de referencia (REF), y volumen de caldo aplicado según recomendación de DOSAVIÑA®							
	Tratamiento 1 (5 junio)				Tratamiento 2 (21 julio)		
	Altura (m)	Anchura (m)	Vol. Caldo (L ha^{-1})		Altura (m)	Anchura (m)	Vol. Caldo (L ha^{-1})
VAR Bajo	0,71	0,62	110		0,80	0,46	150
VAR Medio	0,90	0,70	140		0,80	0,54	170
VAR Alto	0,90	0,85	190		1,00	0,63	200
REF	-	-	190		-	-	200

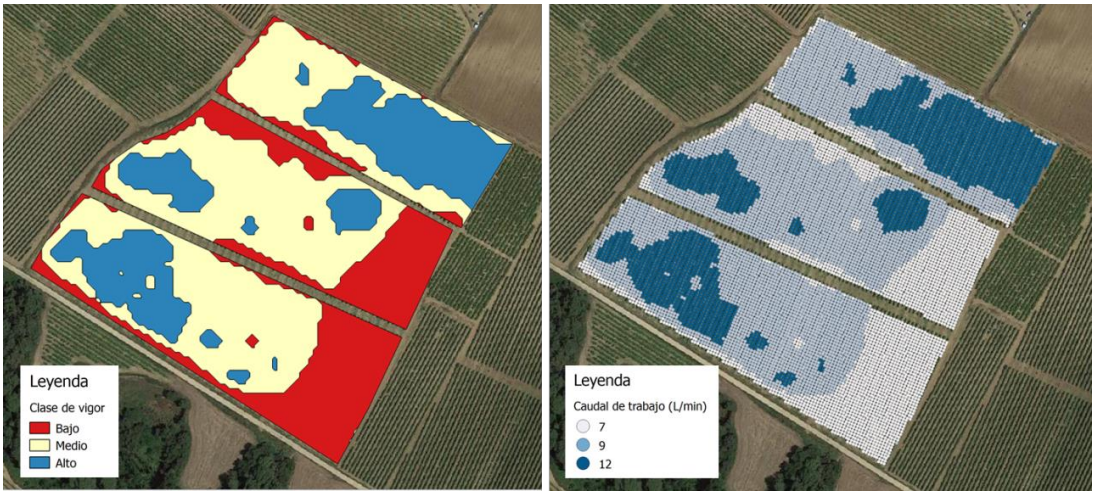


Fig.1: Mapa de vigor resultante del análisis de la imagen multiespectral (izquierda). Mapa de prescripción vectorial con geometría punto e información del caudal de trabajo en cada posición en la parcela introducido en el prototipo de aplicación (derecha).

Monitorización en continuo del estado hídrico del viñedo con una herramienta espectral de bajo coste y tamaño

Juan Fernández-Novales[1,2], Ignacio Barrio[1,2], María Paz Diago[1,2*]

[1]Universidad de La Rioja, Departamento de Agricultura y Alimentación; Madre de Dios 53, 26007, Logroño, La Rioja.

[2]Instituto of Ciencias de la Vid y del Vino (Universidad de La Rioja, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Gobierno de La Rioja), 26007, Logroño, La Rioja.

**Autor/a: maria-paz.diago@unirioja.es*

Resumen

La caracterización de la variabilidad espacial del estado hídrico del viñedo ofrece una información esencial para un uso más optimizado del agua y una definición más precisa de la estrategia de riego. Ello constituye una herramienta clave para hacer frente a las consecuencias del cambio climático en viticultura. Este trabajo persigue desarrollar una herramienta espectral, innovadora, no-destructiva y de bajo coste para evaluar el estado hídrico del viñedo. Con el fin de generar una mayor variabilidad del estado hídrico de las cepas, se implantaron tres regímenes de riego distintos, con cuatro repeticiones cada uno, siguiendo un diseño de bloques al azar, en un viñedo comercial de la variedad (*Vitis vinifera* L.) Tempranillo. Las medidas espectrales se tomaron en continuo, en la cara este de la espaldera, utilizando un microespectrómetro NIR (900 –1900 nm) montado en una plataforma móvil terrestre que mantuvo una velocidad constante de 3 km/h. Las medidas se llevaron a cabo en cuatro fechas distintas desde entre julio y septiembre de 2021. El parámetro de referencia utilizado para desarrollar los modelos de regresión multivariante fue el potencial hídrico de tallo (ψs) que se midió de forma simultánea a la adquisición de las medidas espectrales en 36 cepas por día (tres medidas por parcela elemental). Los modelos de calibración y predicción fueron desarrollados utilizando el algoritmo de regresión por mínimos cuadrados parciales (PLS). El mejor modelo de predicción para estimar el estado hídrico de la planta presentó un coeficiente de determinación en validación cruzada (R^2cv) de 0.72 ($p<0.05$) y un error cuadrático medio de validación cruzada (RMSECV) de 0.174 MPa. Los resultados obtenidos en este trabajo reflejan el potencial de esta herramienta espectral innovadora para monitorizar y evaluar la variabilidad espacial del estado hídrico del viñedo favoreciendo la toma de decisiones en la viticultura de precisión.

Palabras clave: estrés hídrico, gestión del riego, espectroscopía NIR, medición en continuo; viticultura de precisión.

INTRODUCCIÓN

Los recursos hídricos y la disponibilidad del agua en la agricultura se están convirtiendo en un tema cada vez más crítico dentro del contexto del cambio climático, cuyas consecuencias están provocando sequías más frecuentes, olas de calor y alteraciones en los patrones de las precipitaciones (Chartzoulakis y Bertaki 2015). Por lo tanto, la programación del riego es clave para optimizar el agua del viñedo con el objetivo de proteger las vides del estrés por déficit hídrico severo. Los métodos basados en la utilización de la planta como biosensor son los más

reconocidos e informativos, ya que integran tanto la disponibilidad de agua del suelo como la demanda atmosférica, que se ve afectada por la temperatura ambiente, el viento, la humedad, la radiación, etc. (Rienth y Scholasch 2019). Sin embargo, muchos de estos métodos monitorizan sólo un número reducido y limitado de plantas, y no son adecuados para detectar variaciones espaciales en el estado hídrico de un viñedo (Acevedo-Opazo et al., 2008). La tecnología de espectroscopia NIRS se ha mostrado como una alternativa real para la estimación del estado hídrico de la planta directamente en el campo como reflejan los trabajos de De Bei et al. (2011), Santos and Kaye (2009) y Tardaguila et al. (2017).

El objetivo del presente trabajo es desarrollar una metodología innovadora, no destructiva y de bajo coste que nos permita evaluar el estado hídrico de las plantas de cara a una gestión más eficiente y sostenible del riego en la viticultura de precisión.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño experimental

El ensayo experimental se llevó a cabo en un viñedo comercial de la variedad Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) ubicado en Tudelilla, La Rioja, España (Latitud 42°,18' 18.26'' N, Longitud 2°,7' 14.15'' O, Altitud 515 m), en cuatro fechas diferentes (7, 27 de julio, 25 de agosto y 15 de septiembre) durante la temporada 2021. El viñedo fue plantado en 2002 (orientación norte-sur), injertado sobre portainjerto R-110 con un marco de plantación de 2,60 m entre filas por 1,20 m entre cepas, guiadas con un sistema de conducción en espaldera (Royat de cordón bilateral). Para recoger una mayor variabilidad del estado hídrico de la planta, se aplicaron tres regímenes hídricos diferentes en un diseño de bloques al azar (Hinkelmann y Kempthorne, 2007). Los tratamientos fueron T0: Riego completo con 292.04 mm /año, T1: Riego parcial con 113.24 mm/año y T2: Sin riego. Se establecieron un total de cuatro bloques. En cada uno se dispuso los tres tratamientos de riego y cada tratamiento constaba de 15 plantas.

Adquisición de las medidas espectrales en movimiento

Las mediciones espectrales tomadas en continuo se adquirieron al mediodía solar (entre las 14:00 y las 15:00 GMT+1) en el lado este de la espaldera, durante los meses de julio agosto y septiembre. Se utilizó un microespectrómetro NIR (1,7 NT/H, Insion Gmbh, Obersulm, Alemania) que opera en el rango espectral de 900 a 1900 nm, con una resolución de 8,2 nm y una frecuencia 2,5 Hz. El sistema incluye una fuente de luz auxiliar con una lámpara de tungsteno de 20W integrada (Fig. 1). Todos los componentes fueron acoplados en una plataforma móvil terrestre, una desbrozadora modificada (940 Sherpa 4WD XL, AS-motor, Bühlertann, Alemania), capaz de realizar adquisiciones espectrales controladas a través de una tableta conectada vía WIFI al ordenador industrial mientras la plataforma terrestre estaba en movimiento a una velocidad constante de 3 $km.h^{-1}$. Las mediciones espectrales se georreferenciaron utilizando un receptor GPS Ag Leader 6500 (Ag Leader Technology, Inc., Ames, IA, EE. UU.) con corrección RTK instalada en la plataforma móvil.

Medición del potencial hídrico de xilema

El método de referencia utilizado para la medición del estado hídrico de la planta fue el potencial hídrico de xilema (Ψ_s). Para cada una de las 12 parcelas elementales de tratamientos que conforman el ensayo experimental se seleccionaron tres cepas al azar, una de cada tramo de cinco plantas donde se escogió una hoja adulta de la parte media superior de la espaldera de la vid y se determinó el Ψ_s. Por lo tanto, se midieron 36 hojas por día, haciendo un total de 144

mediciones a lo largo de la campaña. Las medidas de Ψ_s. fueron llevadas a cabo al medio día entre las 14:00 – 15:00 horas, coincidiendo con la adquisición de las medidas espectrales en movimiento, utilizando una cámara de presión de Schölander (Modelo 600, PMS Instruments Co., Albany,USA). Las hojas en las que se determinó el Ψ_s fueron cubiertas previamente con papel aluminio durante una hora.

Análisis de datos y desarrollo de modelos de regresión multivariante

El procesamiento de las medidas espectrales adquiridas en movimiento se llevó a cabo siguiendo las diferentes etapas mostradas en detalle en los trabajos Diago et al., (2018) y Fernández-Novales et al., (2018). Una vez filtradas las medidas espectrales se promediaron para poder vincular el espectro promedio de cada réplica de tratamiento con su correspondiente referencia de Ψ_s.

La construcción de los modelos de calibración y validación cruzada para estimar el estado hídrico de la planta junto con el manejo de los pretratamientos matemáticos para detectar la presencia de espectros anómalos e identificar las principales fuentes de variabilidad espectral se desarrolló con la herramienta de Matlab, PLS Toolbox (version 8.1, Eigenvector Research, Inc., Manson, WA, USA). Para evaluar la calidad de los modelos se calculó el coeficiente de determinación de calibración (R^2_c) y validación cruzada (R^2_{cv}), el error cuadrático medio de calibración (RMSEC) y validación cruzada (RMSECV), y el número de variables latentes (LVs).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra los parámetros estadísticos del estado hídrico de la planta (Ψ_s) recogidos en las cuatro fechas durante la temporada 2021 en el viñedo comercial de la variedad Tempranillo. Las mediciones individuales de Ψ_s de vid oscilaron entre -0.85 MPa (estrés hídrico moderado) y -2.15 MPa (estrés hídrico severo) según las indicaciones de Leeuwen et al. (2009). El valor promedio de Ψ_s fue decreciendo ligeramente en las dos primeras fechas, para posteriormente alcanzar un valor de -1.82 MPa en la última fecha.El mejor modelo de regresión multivariante para la monitorización del estado hídrico de xilema se seleccionó en base a los criterios estadísticos que presentaron un menor valor de RMSECV y un mayor valor de R^2_{cv} con el menor número de variables latentes para evitar el sobreajuste del modelo. El mejor modelo de regresión por mínimos cuadrados parciales (PLS) en validación cruzada arrojó un valor R^2_{cv} de 0,72, un RMSECV de 0,174 MPa y siete fueron las variables latentes utilizadas en la construcción del modelo de predicción Ψ_s (Fig. 2).

El microsensor NIR mostrado en este estudio pesa alrededor de los 130 g, sus dimensiones son 108 x 77 x 21 mm y su coste no superaba los 3.500 € en comparación con otros sensores NIR más caros (precio cúadruple al utilizado) y pesados utilizados en trabajos precedentes (Fernández-Novales et al. 2018; Diago et al. 2018). Los resultados obtenidos en este estudio en términos de R^2_{cv} son ligeramente superiores a los trabajos presentados por Diago et al., (2018) (R^2_{cv} = 0,71) e inferiores a los presentados por Fernández-Novales et al., (2018) (R^2_{cv} = 0,90), ambos estudios emplearon un sensor NIRS más robusto y costoso, así como un mayor rango de datos de estrés hídrico recopilados a lo largo de la temporada. No obstante, este valor de R^2_{cv} (Shenk & WesterHaus, 1996) podría ser suficientemente fiable para estimar el Ψ_s en tres niveles de estrés hídrico de las plantas y facilitar la toma de decisiones sobre la eficiencia en el uso del agua y la programación de dos o tres niveles de riego en viticultura de precisión.

La precisión de los modelos NIRS obtenidos en este trabajo refleja la viabilidad de esta

metodología de bajo coste para evaluar el potencial hídrico del tallo en un viñedo comercial, permitiendo una mayor resolución espacial y temporal en el control del estado hídrico de la planta para garantizar estrategias de riego cada vez más precisas y sostenibles en la viticultura de precisión.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha recibido financiación del Ministerio de Ciencia e Innovación de España en el marco del proyecto SpectralWater (PID2019-108330RA-I00). Gracias a Bodegas Dinastía Vivanco por facilitar el viñedo de Tempranillo.

REFERENCIAS

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

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

Chartzoulakis, K., Bertaki, M. 2015. Sustainable Water Management in Agriculture under Climate Change. Agric. Agric. Sci. Procedia 4: 88-98

De Bei, R., Cozzolino, D., Sullivan, W., Cynkar, W., Fuentes, S., Dambergs, R., Tyerman, S. 2011. Non-destructive measurement of grapevine water potential using near infrared spectroscopy. Aust. J. Grape Wine Res. 17(1): 62–71

Diago, M. P., Fernández-Novales, J., Gutiérrez, S., Marañón, M., Tardaguila, J. 2018. Development and validation of a new methodology to assess the vineyard water status by on-the-go near infrared spectroscopy. Front. Plant Sci. 9.

Fernández-Novales, J., Tardaguila, J., Gutiérrez, S., Marañón, M., Diago, M. P. 2018. In field quantification and discrimination of different vineyard water regimes by on-the-go NIR spectroscopy. Biosyst. Eng. 165: 47–58.

Gutiérrez, S., Fernández-Novales, J., Diago, M.-P., Iñiguez, R., Tardaguila, J. 2021. Assessing and mapping vineyard water status using a ground mobile thermal imaging platform. Irrig. Sci. 39(4): 457–468.

Hinkelmann, K. and Kempthorne, O. 2007. Randomized Block Designs. In Design and Analysis of Experiments. p 277-372., Second Edition. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.

Leeuwen, C. V., Tregoat, O., Choné, X., Bois, B., Pernet, D., Gaudillére, 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? OENO One. 43(3): 121–134.

Rienth, M., Scholasch, T. 2019. State-of-the-art of tools and methods to assess vine water status. Oeno One, 53(4): 619–637.

Santos, A. O., Kaye, O. 2009. Grapevine leaf water potential based upon near infrared spectroscopy. Sci. Agric. 66(3): 287–292

Shenk, J. S., and WesterHaus, M. O. 1996. Near infrared spectroscopy: The future waves D. A. M. C and W. P, (eds.). UK: NIR Publications.

Tardaguila, J., Fernández-Novales, J., Gutiérrez, S., Diago, M. P. 2017. Non-destructive assessment of grapevine water status in the field using a portable NIR spectrophotometer. J. Sci. Food Agric. 97(11)

Tabla 1.- Potencial hídrico de xilema medido durante los meses de julio-septiembre 2021 en un viñedo comercial de la variedad Tempranillo

Ψ_s (MPa)	07/07/21	27/07/21	25/08/21	15/09/21
Nº muestras	35	36	36	36
Máximo	-0.85	-1.00	-1.45	-1.30
Mínimo	-1.45	-1.55	-1.90	-2.15
Desviación estándar	0.14	0.14	0.15	0.22
Media	-1.13	-1.26	-1.68	-1.82

Figuras

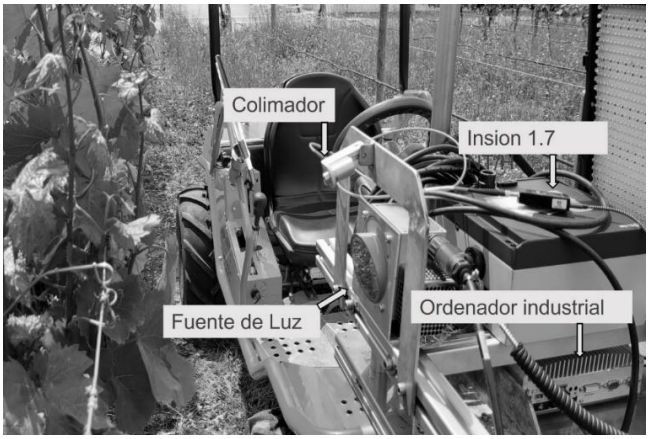


Fig. 1. Sistema de adquisición espectral NIR instalado en una plataforma móvil terrestre para evaluar el estado hídrico del viñedo.

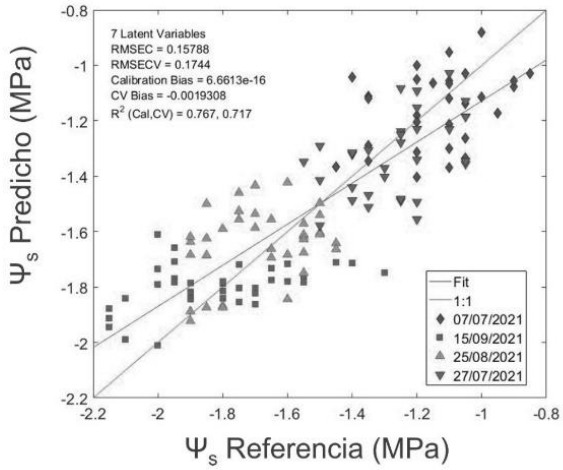


Fig. 2. Modelo de regresión PLS con validación cruzada para la estimación del potencial hídrico de xilema a partir de las mediciones espectrales adquiridas en movimiento en un viñedo comercial de la variedad Tempranillo durante la temporada 2021.

Uso del balance de energía en superficie para cuantificar la evapotranspiración de un viñedo en condiciones de riego deficitario y secano

F. * Valentín[1], J.M. Sánchez[2], A. Martínez-Moreno[3], D.S. Intrigliolo[4], I. Buesa[5], R. López-Urrea[1].

[1]Instituto Técnico Agronómico Provincial de Albacete (ITAP)

[2] Grupo de Teledetección y SIG. Instituto de Desarrollo Regional. Universidad de Castilla-la Mancha (IDR-UCLM)

[3]Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC)

[4] Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE) (CSIC-UV-GVA)

[5] Grupo de Investigación en Biología de las Plantas en Condiciones Mediterráneas, Universidad de las Islas Baleares (UIB)

*email: *fvm.itap@dipualba.es*

Palabras clave: Flujo de energía, temperatura radiométrica, evaporación, traspiración, *Vitis vinífera*.

Resumen

Los viñedos ocupan grandes extensiones en muchos agroecosistemas mediterráneos, en los que su evapotranspiración es un componente importante del ciclo del agua. La determinación correcta de la evapotranspiración real del cultivo (ET_a) es fundamental para la programación precisa del riego, lo que permite adaptar las aplicaciones del mismo a las necesidades de agua del cultivo. Este estudio se realizó para monitorear la ET_a del viñedo y su distribución en evaporación del suelo (E) y transpiración de la planta (T), en condiciones de riego deficitario y de secano, y para obtener la relación entre el coeficiente de estrés hídrico relativo estimado (K_s) y el potencial hídrico del tallo tallo (Ψ_{stem}) medido al medio día solar. El ensayo se ubicó en Fuente Álamo (Albacete, SE de España) y se desarrolló durante las campañas 2017 y 2018. En ambos tratamientos se instalaron radiómetros de infrarrojos térmicos, junto con una estación meteorológica, para recopilar todas las entradas requeridas en el modelo de balance de energía de dos fuentes simplificado (STSEB). Los resultados mostraron que la ET_a acumulada osciló entre 183 y 253 mm para el tratamiento con riego, y entre 121 y 158 mm para las condiciones de secano. La transpiración del dosel en el tratamiento de riego casi duplica el valor obtenido en condiciones de secano en ambos años, y la relación T/ETa aumenta alrededor de un 8-9% en el tratamiento de riego. El componente E varió desde el 21% para el tratamiento de riego hasta el 50% para el tratamiento de secano, lo que confirma su importancia en el balance hídrico del viñedo.

INTRODUCCIÓN

El viñedo ocupa grandes superficies en países mediterráneos europeos (España, Italia y Francia), en EE. UU., China y Argentina. Actualmente, existen 7,5 millones de ha de viñedos en todo el mundo, que producen más de 85 millones de Mg de uva, lo que da como resultado unos 280 millones de hectolitros de vino (OIV, 2019). La región de Castilla-La Mancha (España) con más de 465.000 ha es la de a mayor superficie dedicada al cultivo de la vid en el mundo, estando

bajo riego más el 50% de la superficie total cosechada (MAPA, 2020).

El consumo total de agua en los viñedos (300 a 700 mm) suele ser mayor que la precipitación media anual y el uso de los escasos recursos hídricos disponibles es un problema para su sostenibilidad. Una estimación precisa de la evapotranspiración real del cultivo (ET_a) es importante para mejorar la eficiencia en el uso del agua (EUA), más aún en ambientes áridos y semiáridos, donde la ET_a es clave en el balance de agua y energía. El objetivo de este trabajo fue comparar el efecto de dos regímenes hídricos, secano y riego deficitario, sobre la ET_a del cultivo de la vid. Para calcular la ET_a se ha empleado un modelo de balance de energía de dos fuentes simplificado (STSEB) combinado con información de radiometría térmica, obteniéndose valores cada quince minutos, horarios y diarios de los flujos energéticos en superficie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó durante las campañas agrícolas 2017 y 2018 en un viñedo comercial localizado en Fuente-Álamo, Albacete (38º43´N, 1º28´W y 820 m de altitud). La parcela comercial de viña (*Vitis vinifera* L. cv. Monastrell) fue plantada en 2007 sobre pie 1103Paulsen, con un marco de plantación de 3 x1,5 m. El sistema de conducción es un guyot doble y la orientación de las filas es Norte-Sur. La textura del suelo es franco-arenosa y la profundidad media es de 0,9 m. El clima es semiárido, templado mediterráneo con veranos muy calurosos y secos. La precipitación durante el ciclo vegetativo del cultivo fue de 51,4 mm en 2017 y de 179,2 mm en 2018 y la evapotranspiración de referencia (ET_o) anual fue de 1248 mm en 2017 y de 1214 mm en 2018.

En el ensayo se comparó un tratamiento de riego (953 m³/ha) mediante un sistema superficial por goteo y un tratamiento de secano. En ambas campañas, se midieron semanalmente las variables biofísicas proporción de vegetación y altura del cultivo, siguiendo la metodología de Cihlar et al. (1987), se registraron medidas de temperatura radiométrica del suelo (T_s) y de la planta (T_c), mediante radiómetros de infrarrojo térmico, así como medidas de variables meteorológicas como temperatura, humedad relativa del aire, velocidad del viento, radiación solar e incidente de onda larga. Los datos registrados se almacenaron cada 15 minutos en dos dataloggers y posteriormente se promediaron a escala horaria y diaria. La metodología empleada ha sido contrastada en otros estudios previos sobre cultivos, como maíz, sorgo, girasol, trigo, etc. (Sánchez et al. 2008). En este trabajo se presentan resultados correspondientes a los periodos comprendidos entre el 14/07/2017 y el 25/10/2017 y entre el 16/05/2018 y el 10/10/2018 para la primera y segunda campaña, respectivamente. Para las medidas de temperatura de superficie se emplearon 4 radiómetros de infrarrojo térmico Apogee SI-121 dispuestos en cada uno de los tratamientos, uno apuntando al suelo entre las filas de plantas para medir la T_s y otro directamente a las hojas del cultivo por ambas caras de la espaldera, para medir la T_c. También se instaló otro sensor dirigido al cielo para las correcciones de los efectos atmosféricos. Los distintos componentes del balance de energía en superficie se determinaron aplicando el modelo STSEB, siguiendo la técnica descrita en Sánchez et al. (2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez corregidos por la emisividad y los efectos atmosféricos (Sánchez et al., 2008), se calcularon los valores promedio de T_s y T_c medidos en ambos lados de la hilera para integrar los componentes del dosel y el suelo soleado y a la sombra. Las temperaturas del suelo y del dosel, junto con los datos meteorológicos y biofísicos, alimentaron las ecuaciones del modelo STSEB. Como resultados del balance se obtuvieron cada 15 minutos los valores de ETa que se acumularon a escala diaria para el período total de 146 días en 2018 y el período de 103 días en

2017. Las diferencias entre tratamientos alcanzan hasta 7 °C en términos de T_c, y hasta 10 °C en T_s (Fig.1). Esto tiene un impacto importante en los flujos superficiales estimados (Fig.3) y la ETa derivada. También se calcularon los valores separados de transpiración (T) del dosel y evaporación (E) del suelo siguiendo el esquema del modelo STSEB. La Fig. 2 muestra la evolución de ambos tratamientos en valores diarios de ET_a total y T-E separados para el conjunto de datos.

La transpiración es el término dominante en ambos regímenes hídricos (Fig. 2), En el tratamiento de riego casi duplica el valor obtenido en secano en ambos años y la relación T/ETa aumenta en torno a un 8-9% al comparar ambos tratamientos. La gran cantidad de lluvia en 2018 combinada con los diferentes períodos de estudio impide cualquier comparación/análisis adicional entre la eficiencia del uso del agua del cultivo (relación de ET_a /riego+lluvia).

Los resultados obtenidos refuerzan los de trabajos previos, por lo que la metodología empleada se presenta como una técnica fiable para la estimación de la ET_a y su partición en T y E en distintos escenarios agrícolas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado gracias a la financiación del Ministerio de Economía y competitividad (proyectos AGL2014-54201-C4-4-R, AGL2017-83738-C3-3-R y PCIN-2015-263).

CITAS Y REFERENCIAS

OIV, 2019. The International Organization of Vine and Wine. https://www.oiv.int/en/statistiques/recherche

MAPA, 2020. Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos. https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura

Cihlar, J., Dobson, M.C., Schmugge, T., Hoogeboom, P., Janse, A.R.P., Baret, F., Guyot, G., Le Toan, T., Pampaloni, P., 1987. Procedures for the description of agricultural crops and soils in optical and microwave remote sensing studies. Int. J. Remote. Sens. 8, 427-439.

Sánchez, J., Kustas, W., Caselles, V. and Anderson, M. (2008). Modelling surface energy fluxes over maize using a two-source patch model and radiometric soil and canopy temperature observations. Remote Sensing of Environment, 112(3), pp.1130-1143.

FIGURAS

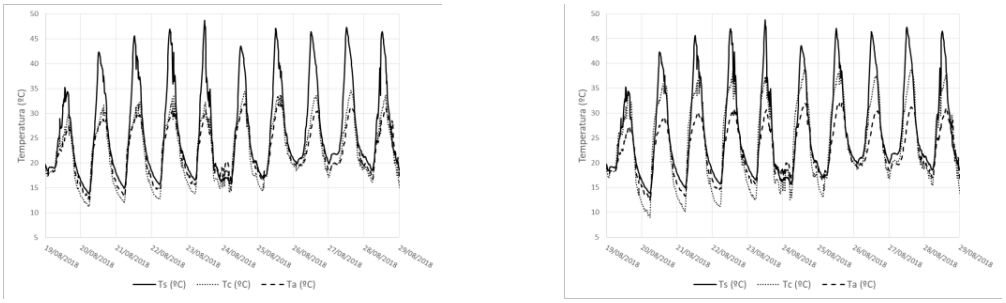


Fig.1.- Evolución de las temperaturas radiométricas del suelo, T_s, vegetación, T_c y aire, Ta, en riego (izquierda) y secano (derecha) durante un periodo de diez días, a modo de ejemplo (19/08/2018 al 29/08/2018).

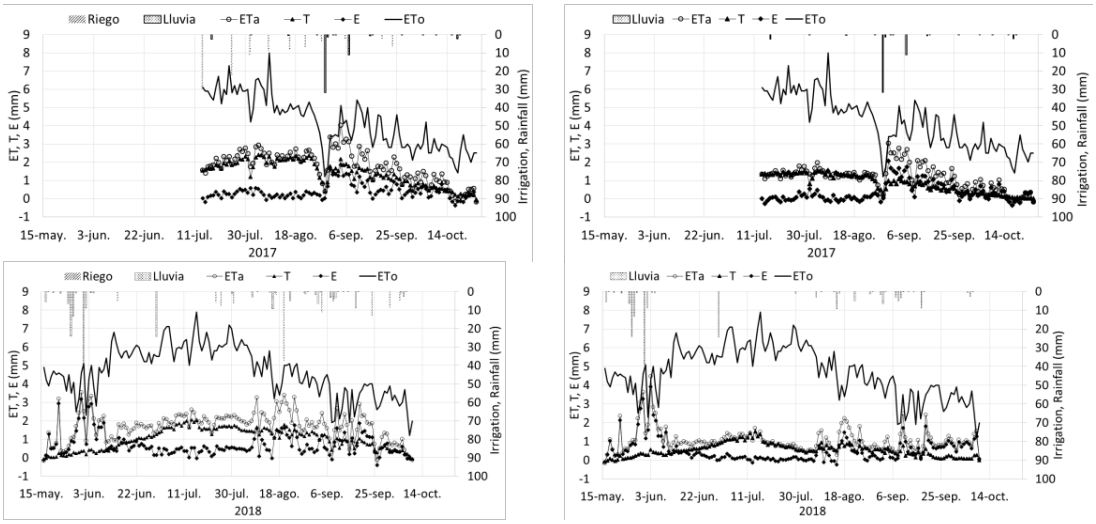


Fig. 2.-Evolución estacional de las estimaciones acumuladas de ET_a, y separadas de E y T, utilizando el modelo STSEB para los dos regímenes hídricos diferentes: de regadío (izquierda) y de secano (derecha), 2017 (arriba) y 2018 (abajo). También se superponen los valores diarios de ET_o, riego y lluvia.

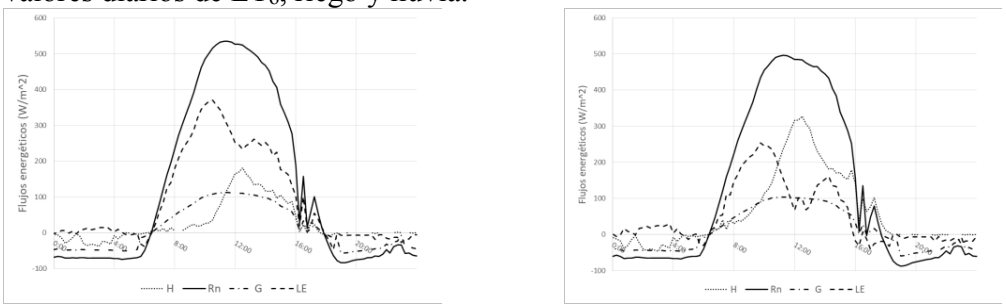


Fig.3- Ejemplo de evolución horaria de los flujos de energía en superficie (Rn: radiación neta, G: flujo de calor en el suelo, H: flujo de calor sensible, LE: flujo de calor latente) en riego (izquierda) y secano (derecha) correspondiente al día 24/08/2017.

Identificación de síntomas previsuales de salinidad mediante imágenes hiperespectrales infrarrojas en vid

Silvia Arazuri[1*], Claudia Pérez-Roncal[1], Carmen Jarén[1], Gonzaga Santesteban[2], Diana Marín[2], Carlos Miranda[2], Ainara López-Maestresalas[1]

[1]IS-Food Institute. Departamento de ingeniería. Universidad Pública de Navarra.

[2]IMAB Institute. Departamento de Agronomía, Biotecnología y Alimentación. Universidad Pública de Navarra

**silvia.arazuri@unavarra.es*

Resumen

Los niveles altos de salinidad que se pueden producir en un viñedo, asociados generalmente al uso de aguas de baja calidad genera un tipo de estrés abiótico que limita la producción de la uva y afecta a la calidad de los vinos. Teniendo en cuenta la importancia de la monitorización de los cultivos en la toma de decisiones para una buena gestión del viñedo, se plantea como objetivo de este trabajo la identificación previsual de síntomas de estrés abiótico en viña por medio de la tecnología de imágenes hiperespectrales en el infrarrojo cercano (HSI-NIR). Para llevar a cabo este objetivo, se realizó un ensayo en maceta en la Finca de Prácticas de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y Biociencias de la UPNA. El ensayo se realizó con plantas de un año de la variedad Monastrell sobre dos portainjertos 110R y 1103P. Se establecieron dos tratamientos: control (regado con agua de riego no salina) y salinidad (agua de riego con una concentración de sal común de 1,6 g/l). Entre finales de agosto y principios de septiembre se realizaron tres muestreos de hojas, analizando un total de 600 hojas (100 hojas/tratamiento y día). Las imágenes se tomaron con una cámara hiperespectral Xeva 1.7-320-100Hz, con rango espectral 900-1700nm. Una vez procesadas las imágenes se realizó una clasificación mediante un análisis discriminante por mínimos cuadrados parciales (PLS-DA) obteniéndose un porcentaje de muestras correctamente clasificadas en su grupo de origen (control o salinidad) del 82 % el primer día de muestreo, y del 87 % a partir del segundo día. A partir de estos datos podemos concluir que es posible identificar, mediante la tecnología HSI-NIR, síntomas en plantas sometidas a un tratamiento de riego con agua salina antes de que aparezcan síntomas en las hojas.

Palabras clave: HSI, NIR, Monastrell, NaCl, *Vitis vinifera*

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la vid es considerado como uno de los sectores clave a nivel socioeconómico y cultural en muchos países. Este sector, como otros relacionados con la producción agraria, se ve afectado directamente por factores como el clima y las condiciones del suelo (Santos et al., 2020). El cambio climático está trayendo consigo cambios relacionados con aumentos de

temperatura y con el régimen de precipitaciones (Van Leeuwen y Destrac-Irvine, 2016) por lo que habrá que adaptar los viñedos a un nuevo escenario, en el que previsiblemente habrá una salinización de los suelos que soportan los viñedos, así como del agua de riego. Aunque la vid está considerada como un cultivo con tolerancia media a la salinidad (Maas y Hoffman, 1977), no es extraño encontrar viñedos con síntomas de estrés salino, y este se considera, después del déficit hídrico, el estrés abiótico que causa los mayores efectos nocivos en los viñedos mediterráneos. Numerosos estudios han reportado reducciones de crecimiento y rendimiento de la vid en respuesta a la salinidad, (Walker et al., 2002; Mirás-Avalos y Intrigliolo, 2017; Marin et al., 2021) y, de hecho, las predicciones para algunas zonas vitícolas pronostican la superación del umbral de tolerancia a la salinidad de la vid a finales de siglo (Phogat et al., 2018).

En este contexto, es necesario utilizar tecnologías que nos permitan detectar de forma rápida, pequeños cambios en la vid y de este modo poder tomar decisiones con la suficiente antelación. Las tecnologías de sensores ópticos han demostrado ser una herramienta efectiva para la evaluación de la calidad de los productos agroalimentarios, sobre todo los sensores basados en la espectroscopía en el infrarrojo cercano, ya que permiten explorar cambios en los productos que no son visibles para el ojo humano (Cubero et al., 2011). El uso de imágenes hiperespectrales integra principios de la espectroscopia y de las técnicas de imagen convencionales, ofreciendo simultáneamente la información espectral y espacial del objeto de estudio (Gowen et al., 2007).

Por todo esto, objetivo de este trabajo es la identificación previsual de síntomas de estrés abiótico por salinidad en viña por medio de la tecnología de imágenes hiperespectrales en el infrarrojo cercano (HSI-NIR).

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en la Finca de Prácticas de la ETS de Ingeniería Agronómica y Biociencias de la Universidad Pública de Navarra (latitud 42°47'35.3"N, longitud 1°37'54.4"W, y altitud 449 m). Se definió un ensayo específico por lo que las plantas se obtuvieron directamente del vivero. Se seleccionó la variedad Monastrell sobre dos portainjertos: 110R y 1103P, de forma que se trabajó con 50 plantas por portainjerto.

Se establecieron dos tratamientos: control (riego con agua no salina) y salinidad (agua de riego con una concentración de sal común de 1,6 g/litro). La cantidad de agua de riego y el resto de las condiciones fueron iguales para todas las plantas. En cada tratamiento se incluyeron 25 plantas de cada portainjerto.

Se realizaron tres muestreos de hojas entre finales de agosto y principios de septiembre, recogiéndose un total de 100 hojas por tratamiento y día, con un total de 600 hojas analizadas.

La adquisición de imágenes hiperespectrales se llevó a cabo con una cámara Xeva 1.7-320-100Hz (Xenics, Leuven, Bélgica), con detector InGaAs de resolución 320 x 256 píxeles y conexión USB, acoplada a un espectrógrafo ImSpector N17E (Specim, Spectral Imaging Ltd., Oulu, Finland) con abertura de 30 μm, y a un objetivo OPT-000034 (SWIR, 16 mm, f/1.4, Xenics, Leuven, Bélgica) con una distancia focal de 16 mm y un rango espectral de 900-

1700nm.

El procesamiento de las imágenes, creación de los hipercubos, segmentación y calibración se realizó con código propio en MATLAB R2021a, y el tratamiento estadístico de los datos (quimiometría) se realizó con el paquete PLS_Toolbox version 8.6 (Eigenvector Research Inc., Wenatchee, WA, USA).

El análisis de datos consistió en la utilización del PLS-DA (análisis discriminante por mínimos cuadrados parciales) para clasificar las muestras en los dos niveles del factor o categorías propuestas: "control" y "salinidad". Con el objetivo de ver la aplicabilidad de los modelos de clasificación se analizaron la sensibilidad, la especificidad y el porcentaje de muestras bien clasificadas en la categoría de origen (Ballabio y Consonni, 2013). El modelo será más robusto cuando los valores de sensibilidad y especificidad se acerquen a 1, y cuando el porcentaje de bien clasificados se aproxime al 100 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar, con el objetivo de poder validar los datos con muestras que no se incluyan en la fase de desarrollo del modelo, se separó 1/3 de las hojas de cada categoría (control y salinidad) para realizar la validación externa. Con el resto de las hojas se realizaron los modelos de clasificación que se validaron según el método de la validación cruzada. Al ser únicamente dos categorías, la sensibilidad de la categoría control (capacidad de detectar las muestras que pertenecen al control) corresponde con la especificidad de la categoría salinidad (capacidad de detectar las muestras que no son de esta categoría), por lo que únicamente se mostrarán los datos para salinidad.

En la Tabla 1 observamos cómo desde el primer día (22/7/19) los modelos creados a partir de los espectros medios de las hojas, son capaces de identificar con valores superiores a 0,8 las muestras de las plantas regadas con agua salina. Además, el porcentaje de confusión es bajo con la otra categoría, y los valores de porcentaje de muestras bien clasificadas son del 80-90 %, tanto en la validación cruzada como en la validación externa (Figura 1).

Los resultados de los modelos de clasificación nos permiten confirmar lo indicado por otros investigadores (Mirás-Avalos y Intrigliolo, 2017; Marin et al., 2021) sobre el impacto que tiene la salinidad en el desarrollo de las viñas. Según Martínez-Moreno et al. (2022) este efecto puede verse alterado a largo plazo en condiciones de buen drenaje y es necesario plantear ensayos con una duración superior. De cualquier forma, la tecnología HSI-NIR, se ha demostrado como una herramienta capaz de detectar cambios internos en la planta antes de que los síntomas sean visibles, por lo que su utilización es de gran interés en los procesos de monitorización de la viña.

REFERENCIAS

Ballabio, D. y Consonni, V. 2013. Classification tools in chemistry. Part 1: Linear models. PLS-DA. Anal. Methods 5:3790-3798.

Cubero, S., Aleixos, N., Moltó, E., Gómez-Sanchis, J. y Blasco, J. 2011. Advances in Machine

Vision Applications for Automatic Inspection and Quality Evaluation of Fruits and Vegetables. Food Bioproc. Technol. 4:487-504.

Gowen, A.A., O'Donnell, Cp., Cullen, P.J., Downey, G. y Frias, J.M. 2007. Hyperspectral imaging—An emerging process analytical tool for food quality and safety control. Trends Food Sci. Technol. 18:590-598.

Maas, E.V. y Hoffman, G.J. 1977. Crop Salt Tolerance-Current Assessment. J. Irrig. Drain. Div. 103:115-134.

Marin, D., Armengol, J., Carbonell-Bejerano, P., Escalona, J.M., Gramaje, D., Hernández-Montes, E., Intrigliolo, D.S., Martínez-Zapater, J.M., Medrano, H., Mirás-Avalos, J. M., Palomares-Rius, J. E., Romero-Azorín, P., Savé, R., Santesteban, L.G. y Herralde, F. 2021. Challenges of viticulture adaptation to global change: Tackling the issue from the roots. Aust. J. Grape Wine Res. 27:8-25.

Martínez-Moreno, A., Pérez-Álvarez, E.P., Intrigliolo, D.S., Mirás-Avalos, J.M., López-Urrea, R., Gil-Muñoz, R., Lizama, V., Garcia-Esparza, M.J., Álvarez, M.I. y Buesa, I. 2022. Effects of deficit irrigation with saline water on yield and grape composition of *Vitis vinifera* L. cv Monastrell. Irrig. Sci.: 1-17.

Mirás-Avalos, J.M. y Intrigliolo, D.S. 2017. Grape Composition under abiotic constrains: Water Stress and Salinity. Front. Plant Sci. 8:851-872.

Phogat, V., Cox, J.W. y Simunek, J. 2018. Identifying the future water and salinity risks to irrigated viticulture in the Murray-Darling Basin, South Australia. Agric. Water Manag. 201:107-117.

Santos, J. A., Fraga, H., Malheiro, A. C., Moutinho-Pereira, J., Dinis, L.T., Correia, C., Moriondo, M., Leolini, L., Dibari, C., Costafreda-Aumedes, S., Kartschall, T., Menz, C., Molitor, D., Junk, J., Beyer, M. y Schultz, H. R. 2020. A review of the potential climate change impacts and adaptation options for European viticulture. Appl. Sci. 10: 28.

Van Leeuwen, C. y Destrac-Irvine, A. 2016. Modified grape composition under climate change conditions requires adaptations in the vineyard. Oeno One 51:147-154.

Walker, R.R., Blackmore, D.H., Clingeleffer, P.R. y Correll, R.L. 2002. Rootstock effect on salt tolerance of irrigated field-grown grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. Sultana). Yield and vigour inter-relationships. Aust. J. Grape Wine Res. 8: 3-14.

Tabla 1. Datos de sensibilidad y especificidad para los modelos de clasificación en la categoría de salinidad, para los tres días de muestreo.

Modelo	Validación	Sensibilidad	Especificidad
22/07/19	Validación cruzada	0,925	0,875
	Validación externa	0,879	0,765
05/08/19	Validación cruzada	0,823	0,826
	Validación externa	0,838	0,828
19/08/19	Validación cruzada	0,906	0,851
	Validación externa	0,917	0,806

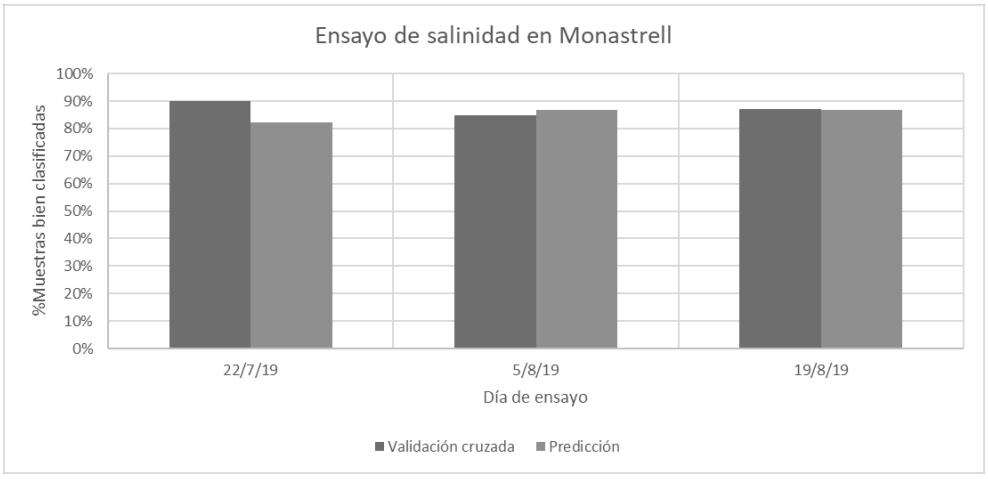


Fig. 1. Porcentaje de muestras bien clasificadas para los modelos de clasificación de los tres días de muestro.

Cuantificación temprana de la viabilidad de plantones de vid mediante teledetección multiespectral UAV

Francisco Javier Mesas-Carrascosa[1*], Nazareth Torres[2], Jorge Torres-Sánchez[3], Ana Villa-Llop[2], Oihane Oneka[2], Maite Loidi[2], Gonzaga Santesteban[2], Fernando Pérez-Porras[1], Francisca López-Granados[3]

[1] Dpto. Ingeniería Gráfica y Geomática, Universidad de Córdoba, Córdoba
[2] Dpto. Agronomía, Biotecnología y Alimentación, Universidad Pública de Navarra, 31006-Pamplona
[3] Grupo imaPing, Instituto de Agricultura Sostenible-CSIC, Avda. Menéndez Pidal, s/n, 14004-Córdoba
Autor para correspondencia: ig2mecaf@uco.es

Resumen.
Para las empresas viveristas de plantones de viñedo es esencial cuantificar las plantas viables en sus campos de enraizamiento para aforar la producción y realizar una previsión de ventas. Por otro lado, los sensores embarcados en vehículos aéreos no tripulados (*Unmanned Aerial Vehicle*, UAV) ofrecen nuevas oportunidades para monitorizar con detalle el viñedo. En este contexto, nuestro objetivo fue la cuantificación temprana de la viabilidad de plantones en dos campos de enraizamiento localizados en Berbinzana y Falces (Navarra) con plantas injertadas de la variedad `Tempranillo´, aunque diferían en portainjerto utilizado y fecha de plantación (del 19 al 30 abril-2021). Aunque la detección de cepas adultas es factible según nuestros trabajos anteriores, en el caso de campos de enraizamiento, la escala en la detección de la planta individual pasó de cepa a plantón. La complejidad estriba en la elevada proximidad entre plantones (200000 pl·ha^{-1}) con solapamientos entre hojas de plantas adyacentes que dificultan discriminar una de otra, y en la diversidad del estado fenológico de los distintos lotes. Por lo anterior, se desarrolló una metodología para estimar el porcentaje de plantones viables.m^{-1} a través de la determinación de la relación entre Fracción de Cabida Cubierta e índice NDVI obtenidos del análisis automatizado de las imágenes procedentes de vuelos multiespectrales-UAV en junio-2021. Adicionalmente se realizó un conjunto de muestreos en 40 secciones georreferenciadas de un metro de longitud consistentes en nº de pámpanos de cada plantón, número de hojas por pámpano y medida de sus nervios.

Palabras clave: detección de marras, campos enraizamiento, viveros de viñedo

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el análisis de las imágenes procedentes de sensores embarcados en vehículos aéreos no tripulados (*Unmanned Aerial Vehicle*, UAV) ha permitido la generación de cartografía de detalle o de precisión en el cultivo de la vid con el fin de conocer la variabilidad espacial de cada cepa y anticiparse o mejorar la toma de decisiones. En trabajos previos hemos generado información digitalizada e individualizada de cada cepa en estado adulto para conocer su estructura 3D y detectar marras o cepas improductivas o en mal estado (Mesas-Carrascosa et al., 2020), analizar el efecto de las actuaciones en verde (López-Granados et al., 2020) o detectar malas hierbas y racimos (Jiménez-Brenes et al., 2019; Torres-Sánchez et al., 2021). Por otra parte, para las empresas viveristas de venta de plantones de viñedo es esencial cuantificar las plantas

viables en sus campos de enraizamiento para aforar la producción y realizar una previsión de sus ventas y de su actividad logística. En este contexto y ante la ausencia de bibliografía al respecto, nos planteamos un cambio en la escala de detección pasando de cepa adulta a plantón para realizar una cuantificación temprana de la viabilidad de los plantones en campos de enraizamiento de vivero. La complejidad de este objetivo estriba principalmente en: *1*) la elevada proximidad entre plantones que produce solapamientos entre hojas de plantas adyacentes que dificultan su individualización y, *2*) en la diversidad del estado fenológico de los distintos lotes plantados. En este trabajo se presenta la metodología desarrollada para estimar el porcentaje de plantones viables a través del análisis de las imágenes procedentes de vuelos-UAV utilizando un sensor multiespectral.

MATERIALES Y MÉTODOS

Parcelas de estudio, material vegetal, muestreos de campo, vuelos UAV, análisis de las imágenes

Los trabajos se desarrollaron en dos campos de enraizamiento localizados en Berbinzana y Falces (Navarra) (Fig. 1a) establecidos entre el 19 y el 30/04/2021 con plantas injertadas en OMEGA de la variedad `Tempranillo´ (distintos portainjertos) con una densidad de plantación de 200.000 pl.ha^{-1} habiendo en cada metro lineal de hilera dos filas de plantones de 13 o 14 pl·m^{-1}, es decir 26-28 pl·m^{-1}. Las Figs. 1a y 1d muestran el aspecto general y los diferentes estados de los plantones en la localidad de Falces. El manejo de las parcelas consistió en el uso de fertilización de 3000 kg de abono de liberación controlada (10:15:5:20), riego desde el establecimiento hasta junio-2021 (2 h·semana^{-1}) con goteros cada 20 cm (capacidad de 1.14 L·h^{-1}), no se realizó despunte y antes de colocar el plástico en el campo de enraizamiento se trató con herbicida de preemergencia, y, posteriormente, la gestión de las malas hierbas se realizó con azada. Los días 1 y 2 de junio-2021 se realizaron los vuelos en ambas localidades con un UAV (modelo DJI Matrice 600 Pro; SZ DJI Technology Co., Shenzhen, China) en el que se embarcó un sensor multiespectral (modelo Parrot Sequoia, rango: verde-G; rojo-R; borde del rojo-Red Edge; infrarrojo cercano-NIR) considerando una altura de vuelo sobre el terreno de 20 m, y 85 y 80 % de solapamientos transversal y longitudinal (Fig. 1b). Coincidiendo con la fecha de los vuelos UAV, se seleccionaron en cada campo 40 unidades de muestreo de 1 m de longitud que fueron georreferenciadas (Fig. 1c, dispositivo GNSS bifrecuencia con correcciones en tiempo real de la red ERGNSS del Instituto Geográfico Nacional). En las unidades de muestreo se tomaros de datos del nº plantones·m^{-1} (midiendo con regla los pámpanos de cada planta) y nº de hojas de cada uno de ellos, así como la medida de sus nervios (Fig. 1d) constatándose que el estado de los plantones de la localidad de Berbinzana era ligeramente más adelantado.

A partir de los ortomosaicos-UAV multiespectrales generados en cada parcela (software Agisoft Metashape Professional, Agisoft, San Petersburgo, Rusia) se determinó la Fracción de Cabida Cubierta (FCC; adaptación de Torres-Sánchez et al 2013) siguiendo los siguientes procedimientos automáticos para cada unidad de muestro: *1*) cálculo del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) entre las bandas NIR y R del orto-mosaico, *2*) umbralización automática por el método de Otsu del valor de NDVI, *3*) generación de imagen de máscara a partir de la reclasificación de los valores de NDVI según umbral, *4*) determinación de FCC a partir del histograma de la imagen de máscara y, *5*) su aplicación a la imagen de NDVI para determinar el valor medio. Posteriormente, se relacionó la FCC ponderada por el valor medio de NDVI con el nº de plantas·m^{-1} en las 40 unidades de muestreo.

RESULTADOS

Las dos parcelas estudiadas mostraron resultados diferentes (Fig. 2). Falces presentó una distribución normal del nº de plantones·m^{-1} con un valor medio igual a 20, y una distribución binomial en cuanto a NDVI y FCC. Por otro lado, Berbinzana mostró un nº medio de plantones·m^{-1} entre 23 y 24 y las variables NDVI y FCC siguieron una distribución normal. La diferencia más notable entre ambas parcelas estuvo en la variable FCC. Falces presentó un valor medio ligeramente superior al 10 % frente al 21 % de Berbinzana. La menor FCC en Falces permitió que cada plantón proyectado en el plano del orto-mosaico UAV apareciera de forma aislada, sin solaparse ni ocupar el espacio de los no viables. De esta manera, la relación entre nº plantones viables con la FCC ponderada por el valor de NDVI de cada una unidad de muestreo fue positiva y significativa (R^2 = 0,601, p-value 1,747·10^{-6}). Por el contrario, en Berbinzana al mostrar mayor nº de plantones·m^{-1} (menor distancia entre ellos que en Falces) y un aumento de la FCC se dificulta su relación con el nº de plantones viables debido a que estos ocupan espacio de los no viables y, por tanto, el nº de plantones viables no pudo ser estimado con la misma precisión que en Falces.

En conclusión, la metodología propuesta permitió detectar nº de plantones viables en la localidad de Falces con un error de menos de dos plantones·m^{-1}. No obstante, un adelanto en la adquisición de las imágenes podría haber mejorado los resultados en la localidad de Berbinzana, dado que el estado más avanzado de sus plantones producía mayores solapamientos entre unos y otros. Futuros trabajos irá dirigidos a la búsqueda de correlaciones entre el área foliar observada en cada plantón mediante muestreos de campo (medidas de nº de hojas y pámpanos de cada planta, entre otros) con la estimada utilizando las imágenes-UAV.

Agradecimientos

Financiación de proyectos PID2020-113229RB-C44 (MCIN/AEI/10.13039/501100011033) y WANUGRAPE 4.0 (PDC2021-121210-C22). Los autores agradecen a la empresa Vitis Navarra sus campos de enraizamiento.

Referencias

Jiménez-Brenes, F.M., López-Granados, F., Torres-Sánchez, J., Peña, J.M. Ramírez, P., Castillejo-González, I.L. y de Castro, A.I. 2019. Automatic UAV-based detection of *Cynodon dactylon* for site-specific vineyard management. PLoS One, 14, e0218132.

López-Granados, F., Torres-Sánchez, J., Jiménez-Brenes, F.M., Oneka, O., Marín, D., Loidi, M., de Castro, A.I. y Santesteban, L.-G. 2020. Monitoring vineyard canopy management operations using UAV-acquired photogrammetric point clouds. Remote Sens., 12:2331, doi:10.3390/rs12142331.

Mesas-Carrascosa, F.J., de Castro, A.I., Torres-Sánchez, J., Jiménez-Brenes, F.J. García-Ferrer, A. y López-Granados, F. 2020. Classification of 3D point clouds using color vegetation indices for precision viticulture and digitizing applications. Remote Sens. 12: 317; doi:10.3390/rs12020317.

Torres-Sánchez, J., Peña, J.M., de Castro, A.I. y López-Granados, F. 2014. Multi-temporal mapping of the vegetation fraction in early-season wheat fields using images from UAV. Comp. Electron. Agric., 103:104-113.

Torres-Sánchez, J., Mesas-Carrascosa, F.J., Santesteban, L.-G, Jiménez-Brenes, F.M, Oneka, O., Villa-Llop, A., Loidi, M. y López-Granados, F. 2021. Unsupervised and automated grape cluster detection using UAV photogrammetric point clouds arises as a low-cost tool for yield forecasting in vineyards. Sensors, 21:3083, doi.org/10.3390/s21093083.



Figura 1. (a) aspecto general de la variabilidad del campo de enraizamiento de Falces; (b) UAV iniciando el vuelo; (c) georreferenciando una unidad de muestreo; (d) detalle de la unidad de muestreo nº 21 y mediciones con regla.

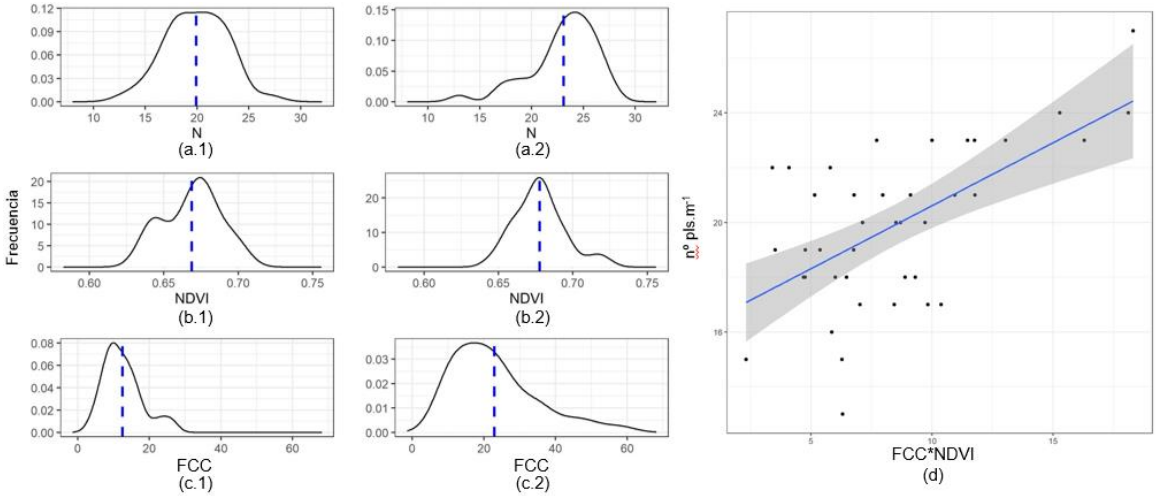


Figura 2. Histograma de: (a) nº de plantones, (b) NDVI y (c) FCC en (1) Falces y (2) Berbinzana; (d) relación nº plantones viables·m^{-1} frente a FCC ponderada por NDVI.

Seguimiento de la maduración (°Brix) de la uva mediante imágenes multiespectrales - VINIOT

Díaz-Losada, E.[1], Pena, R.[2], Rodríguez-Febereiro, M.[3*], Cancela, J.J.[3], Rodríguez, T.[4], Saborido Díaz, M.C.[1], Loureiro-Rodríguez, M.D.[1], Illade, J.[2]

Afiliación institucional

[1] Estación de Viticultura e Enoloxía de Galicia (AGACAL_EVEGA). Ponte San Clodio s/n 32428 Leiro Ourense (España)

[2] Centro Tecnológico AIMEN, Porriño, Pontevedra, Spain

[3] GI-1716 – Universidad de Santiago de Compostela, Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, Rúa Benigno Ledo s/n 27002 – Lugo – Spain

[4] FEUGA-Fundación Empresa-Universidad Gallega, Santiago de Compostela, A Coruña, Spain

**Autora: martarodriguez.fernandez@usc.es*

Resumen

La elaboración del vino se encuentra altamente influenciada por la calidad de la uva, aunque durante el proceso de elaboración del mismo es posible corregir/actuar sobre ciertos problemas. El conocimiento de los parámetros físico-químicos de la uva, es por tanto crucial en el viñedo, para establecer el momento óptimo de vendimia. El uso de imágenes multiespectrales de las bayas (racimos) y su relación con los parámetros de maduración es viable hoy en día, mediante el empleo de IoT (Internet of Things), reduciendo así el coste económico y humano de la determinación de muestreos en campo, mediante la implementación de sistemas móviles multiespectrales embarcados en maquinaria agrícola. Durante las campañas 2020 y 2021, se han determinado los siguientes parámetros básicos en las variedades Mencía y Treixadura: maduración tecnológica, incluyendo pH, grado probable, ácidos málico y tartárico, así como IPT y contenido en antocianos, para valorar la madurez fenólica. Se han seleccionado por densimetría diferentes conjuntos de bayas y racimos, para cada variedad, y tomado las correspondientes imágenes en campo y laboratorio, mediante el uso de una cámara hiperespectral. Los resultados obtenidos permiten seleccionar diferentes bandas espectrales de interés, tras las correlaciones con los análisis de las bayas, los que facilita la implementación de un prototipo de cámara multiespectral, para su uso en campo. Es necesario realizar la validación de los resultados de laboratorio en campo, en futuras campañas.

Palabras clave: sensores multiespectrales, bayas, Mencía, Treixadura

INTRODUCCIÓN

La selección del momento óptimo de vendimia es un aspecto crucial para facilitar la logística de operaciones que un viticultor / bodega, tiene que llevar a cabo en un corto espacio de tiempo. En un sistema vitícola industrializado el seguimiento de la calidad (pH, grado probable, ácidos málico y tartárico) es extremadamente importante, puesto que permitirá decidir cuándo realizar la cosecha, según el vino que se pretende elaborar (Delrot et al., 2010). El uso

de imágenes hiperespectrales se ha ido trasladando del laboratorio a condiciones de campo, tal y como se muestra en diversos estudios previos (Gutiérrez et al., 2018a y b). Si bien, es necesario mejorar los resultados obtenidos, principalmente reduciendo el número de bandas a emplear, lo que facilitaría su empleo de forma generalizada, al reducir los costes del equipamiento a emplear, tanto en campo como durante el procesado de las imágenes. El objetivo de este trabajo es determinar el nivel de maduración de dos variedades de uva características en Galicia (Mencía y Treixadura) a partir de imágenes hiperespectrales empleando un enfoque simple, a través de la regresión lineal.

MATERIAL Y MÉTODOS

En las instalaciones de la Estación de Viticultura y Enología de Leiro – AGACAL-EVEGA (Galicia) se han seleccionado bayas por densimetría, lo que ha permitido conseguir bayas con grados Brix entre 11 y 23. Las muestras se han tomado en la parcela experimental que cuenta con las variedades Mencía y Treixadura, para las campañas 2020 y 2021 (Fig. 1). Además, se emplearon racimos de uva enteros para validar su aplicación en campo. En este caso se utilizó iluminación natural. Para adquirir las imágenes se utilizó una cámara hiperespectral tipo push-broom (Pika L, Resonon) con un rango de longitud de onda de 400 nm a 1000 nm, con una resolución espectral de 2.1 nm y una resolución de 900 píxeles. Esta cámara estaba montada en un trípode y rotada por medio de un motor paso a paso. Los racimos de uva se colocaron frente a la cámara, a una distancia aproximada de 1m y con un lienzo de calibración blanco como fondo. Las imágenes hiperespectrales resultantes tienen 300 bandas de longitud de onda. Se capturaron dos imágenes por cada racimo de uva, una hacia la parte del racimo orientada al sol (identificadas como "front" en la siguiente sección) y otra hacia la parte posterior del racimo (identificadas como "back").

Efectos no deseados que dificultan el análisis de los datos hiperespectrales obtenidos están relacionados con la iluminación desigual de los racimos de uva, la reflexión de la luz desde diferentes ángulos debido a la forma esférica de las uvas o los efectos de reflexiones secundarias. Para reducir estos efectos, se ha realizado un preprocesado en dos pasos. El primero de ellos ha sido aprovechar el fondo blanco de cada imagen para realizar un balance de blancos sobre los píxeles de las uvas. Este calibrado minimiza los cambios de iluminación entre imágenes y, en general, los efectos de utilizar una iluminación no controlada. En el segundo paso las imágenes hiperespectrales se normalizaron utilizando el método estándar normal variable (SNV). Este método resta de los espectros de cada píxel, su promedio y divide el resultado entre su propia variación estándar:

$$I_{SNV}(\lambda) = \frac{I(\lambda) - \mu}{\sigma}$$

donde μ y σ son, respectivamente, el promedio y la desviación estándar de los espectros de cada píxel. Esta normalización minimiza las diferencias de iluminación entre píxeles de la misma imagen debido a la geometría de las uvas y a posibles sombras en la imagen.

Las imágenes hiperespectrales capturadas contienen, además del racimo de uva objetivo, un lienzo blanco como fondo, por lo que se desarrolló una máscara de selección para cada una de las imágenes hiperespectrales adquiridas. Finalmente, se calculó el espectro promedio de todos los píxeles de cada imagen hiperespectral.

Diversos análisis estadísticos fueron realizados, regresión de mínimos cuadrados

parciales (PLSR) (dos Santos et al., 2019), Random sample consensus (RANSAC) (Parr et al., 2022), y regresión lineal simple (Benelly et al., 2021).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 2 se muestran los resultados brutos de las imágenes de los racimos capturados en laboratorio de ambas variedades. Como se puede observar existen longitudes de onda que muestran una discontinuidad, por lo que se ha procedido al filtrado mediante SNV. La aplicación del PLSR directo con el conjunto de bandas, muestra resultados positivos, si bien se ha procedido a emplear este proceso con las bandas seleccionadas manualmente (Fig. 3), lo que ha permitido reducir el número de componentes necesarios para la aplicación del modelo de estimación de los ˚Brix. En el caso de la variedad Mencía, la imagen frontal ha permitido obtener los mejores resultados (Fig. 4), si bien para la variedad Treixadura, los resultados requieren de una mejora en el procesado, y toma de imágenes que mejore los mismos. Estos resultados son coincidentes con diversos autores (Benelli et al, 2021) que definen puntos de corte para la separación del nivel de maduración de la uva en campo. La reducción del número de bandas del prototipo es crucial para reducir el coste del mismo y ampliar su utilización, en este caso empleando 7 bandas para Treixadura capturadas frontalmente (Front), 8 bandas en Treixadura del lado opuesto al sol (Back) y 13 bandas para la variedad Mencía independientemente del lado de captura de la imagen (Front, Back).

CONCLUSIONES

Cada variedad estudiada, ha mostrado diferente respuesta en relación a los coeficientes de correlación según las bandas empleadas, siendo las bandas comprendidas entre 560-720 nm las que han mostrado una buena respuesta (R^2> 0,5) con la variedad tinta Mencía. Por el contrario, la variedad blanca Treixadura muestra una mayor precisión con bandas comprendidas entre 680-820 nm con R^2> 0,6. Para la selección de las bandas del prototipo, se han eliminado bandas muy similares entre sí, y seleccionado según el coeficiente de correlación entre la banda espectral y el parámetro físico-químico a estimar (°Brix). A partir de esta información se ha construido un prototipo de cámara donde se han incluido las bandas seleccionadas, para su aplicación directa en campo.

AGRADECIMIENTOS Y FINANCIACIÓN

El proyecto VINIoT ha sido financiado en la 3ª Convocatoria Interreg-SUDOE V, y cuenta con un presupuesto de 1.418.705 euros, cofinanciado al 75% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

REFERENCIAS

Benelli, A., Cevoli, C., Ragni, L., Fabbri, A. 2021. In-field and non-destructive monitoring of grapes maturity by hyperspectral imaging. Biosyst Eng, 207, 59-67.

Delrot, S., Medrano, H., Or, E., Bavaresco, L., Grando, S. 2010. Preface. In Methodologies and results in grapevine Research (pp. 1-448). Springer. Países Bajos.

Gutierrez, S., Fernández-Novales, J., Diago, M. P., Tardaguila, J. 2018a. On-the-go hyperspectral imaging under field conditions and machine learning for the classification of grapevine varieties. Front Plant Sci, 9(July), 1-11.

Gutierrez, S., Tardaguila, J., Fernández-Novales, J., Diago, M. P. 2018b. On-the-go hyperspectral imaging for the in-field estimation of grape berry soluble solids and anthocyanin concentration. Aust J Grape Wine Res, i, 127-133.

dos Santos Costa, D., Mesa, N.F.O., Freire, M.S., Ramos, R.P., Mederos, B.J.T. 2019. Development of predictive models for quality and maturation stage attributes of wine grapes using vis-nir reflectance spectroscopy. Postharvest Biol Technol, 150, 166-178.

Parr, B., Legg, M., Alam, F. 2022. Analysis of Depth Cameras for Proximal Sensing of Grapes. Sensors, 22(11), 4179.

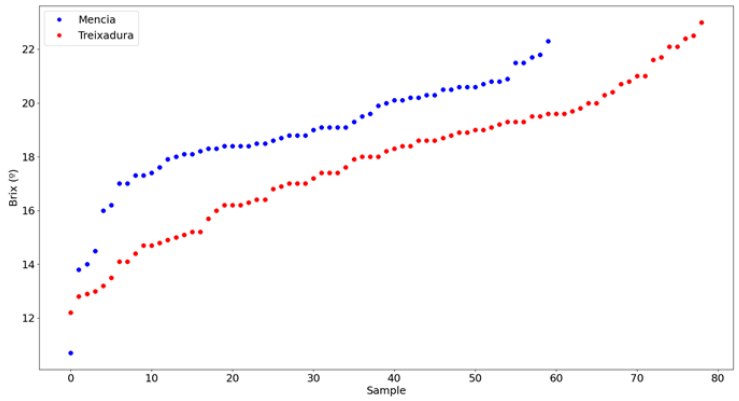


Fig. 1. Variación de ˚Brix de las bayas empleadas en el estudio

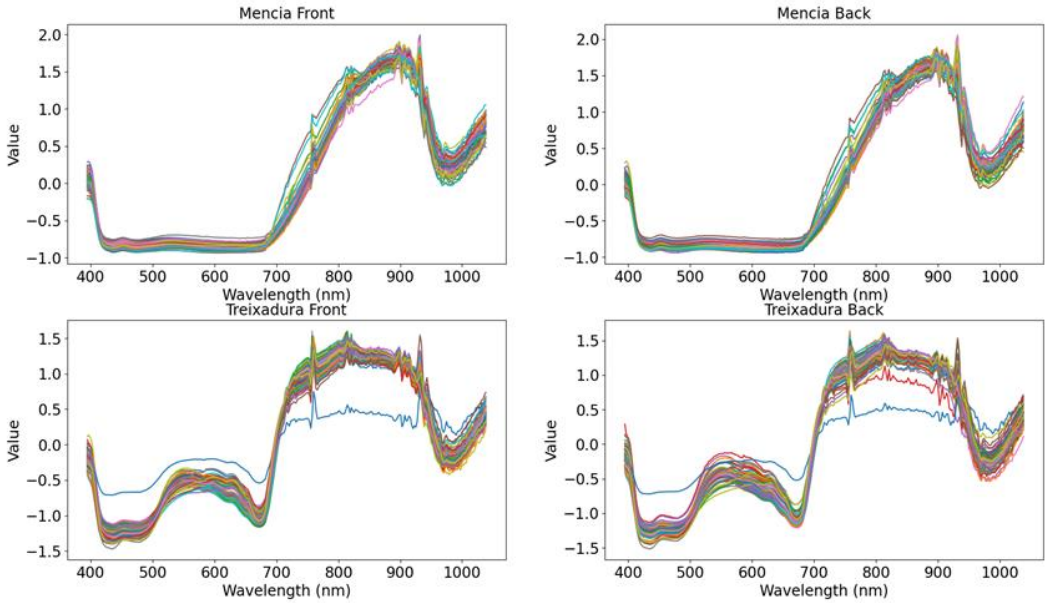


Fig. 2. Datos espectrales de los racimos capturados

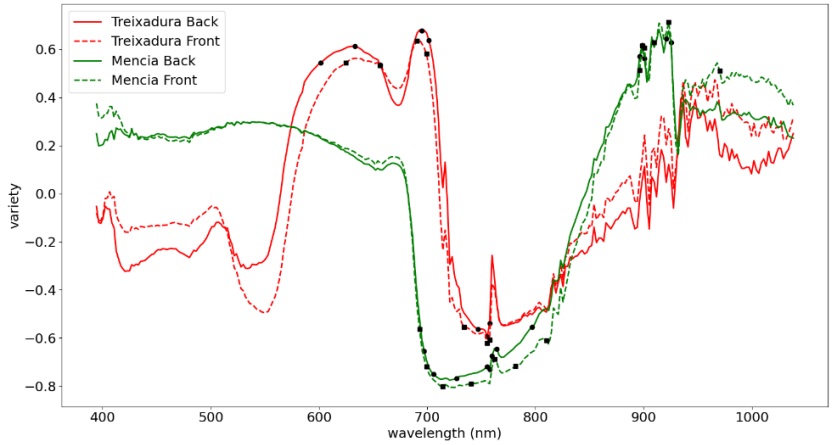


Fig. 3. Coeficientes de correlación del modelo de regresión lineal empleando bandas simples. Puntos negros señalan las bandas empleadas

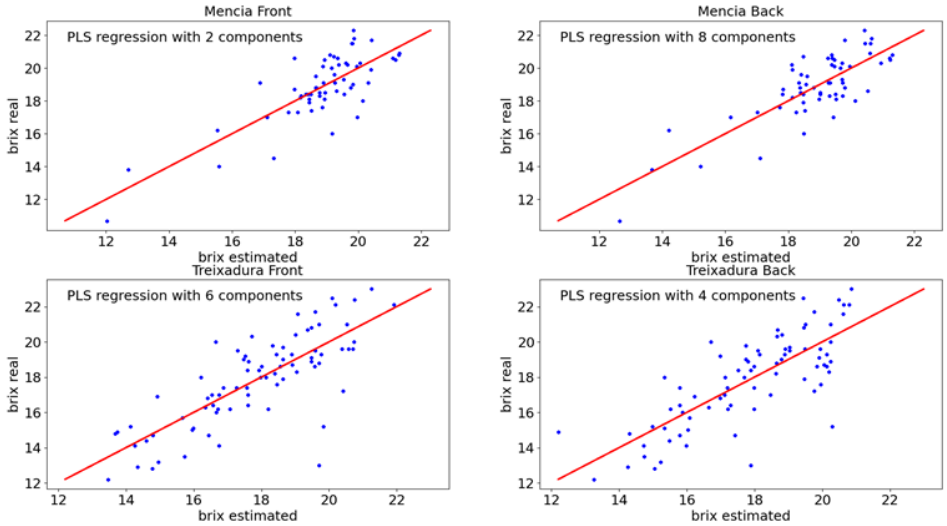


Fig. 4. Mejor ranking del modelo PLSR con un número reducido de bandas para cada variedad estudiada

Metanálisis de los efectos de la fertilización nitrogenada sobre producción y composición de la uva en vid para vinificación: resultados preliminares

Fernando Visconti[1*], Diego S. Intrigliolo[1] y José Manuel Mirás Avalos[2]

Afiliación institucional

[1] Departamento de Ecología y Cambio Global, Centro de Investigaciones sobre Desertificación-CIDE (CSIC, UVEG, GVA), Crta. CV-315 km. 10.5, 46113 Moncada (València)

[2] UA-RAMA, Departamento de Sistemas Agrícolas, Forestales y Medio Ambiente (Unidad asociada a EEAD-CSIC Suelos y Riegos), Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón-CITA (Gob. Aragón), Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza.

** F. Visconti: fernando.visconti@uv.es*

Resumen

El nitrógeno (N) es el macronutriente que absorben en mayor cantidad los cultivos, incluyendo la vid. Aportado en exceso, sin embargo, el nitrógeno ocasiona perjuicios tanto para los cultivos como para el medio ambiente. Además, la eficiencia en el uso del agua depende fuertemente de la eficiencia en el uso del nitrógeno (EUN) y viceversa. En consecuencia, aportar nitrógeno en la medida en que es requerido por la planta presenta gran importancia en la viticultura. A este respecto es necesaria una consolidación de conocimientos, para ello se requiere de un metanálisis de resultados procedentes de ensayos de fertilización de la vid con nitrógeno. En primer lugar, se recopilaron las variables consideradas más importantes para la caracterización de este tipo de ensayos. A continuación, se realizó un barrido en los índices de sumarios publicados en las bases de datos de WOS y Scopus. Tras eliminar duplicados, se reunieron 283 trabajos que se cribaron según estos criterios de descarte: uva de mesa, ausencia de las variables recopiladas o revisión bibliográfica. Así, se seleccionaron un total de 122 trabajos de los cuales se consiguió el texto completo de 117. Estos se leyeron en detalle para extraer los valores de las variables recopiladas, resultando en una selección final de 95 trabajos. A continuación, se estudió cómo cambian en términos relativos la producción y los sólidos solubles totales en mosto (SST) con la dosis de nitrógeno. Los datos de producción se adaptan a una curva clásica de pendiente-meseta, mientras que los de SST se adaptan más a una curva de ascenso-máximo-descenso. En consecuencia, fue posible calcular las dosis de N que maximizan la EUN de la vid que se encuentran entre 12 y 27 kgN·ha^{-1}, según el objetivo sea producción o SST y el fertilizante se aplique a través del suelo o la fertirrigación. El metanálisis continuará con la consideración de más variables agronómicas y enológicas para precisar más las dosis de N.

Palabras clave: revisión bibliográfica, nutrición vegetal, sostenibilidad, viticultura

INTRODUCCIÓN

El nitrógeno constituye el 1,5% del peso seco de la vid (Verdenal et al., 2021). La mayor parte del N absorbido por la vid es asimilada para integrar aminoácidos, péptidos, proteínas, nucleótidos y ácidos nucleicos, así como clorofilas y otros metabolitos secundarios de gran relevancia como el adenosín trifosfato (ATP). Por lo tanto, el N juega un papel crítico

en el metabolismo vegetal, tanto el estructural como el energético, condicionando fuertemente la síntesis de carbohidratos, así como su acumulación y consumo en los diferentes órganos de la vid (Cheng et al., 2004).

Para la producción sostenible de 12 toneladas.ha^{-1} de uva, las necesidades anuales de N de la vid se han estimado en 50 kgN·ha^{-1} (Löhnertz, 1988), de tal modo que se tiene una eficiencia de uso del nitrógeno (EUN) de 0,24 t·kgN^{-1}. Un déficit de N ocasiona un menor desarrollo vegetativo y reproductivo de la vid manifestado en tallos más cortos, hojas más pequeñas, menor cuajado de frutos y, por lo tanto, menor producción, además de ralentización de la maduración con baja velocidad de acumulación de azúcares. No obstante, un exceso de N también es perjudicial ya que favorece un desarrollo vegetativo desmesurado y prolongado de la parte aérea que se manifiesta en la detracción de recursos de la producción, particularmente carbohidratos (Verdenal et al., 2021). En consecuencia, cuando la vid es deficitaria en N se espera que los azúcares en la uva aumenten con la absorción de N hasta un óptimo; a partir de este, la vid es excedentaria en N y es esperable que los azúcares en la uva disminuyan con la absorción de N. Además, como el exceso de N hace que tallos y hojas se desarrollen comparativamente más que las raíces, un exceso de N hace a la vid más vulnerable al estrés hídrico (Keller, 2005). Como consecuencia de todo esto, el exceso de N disminuye la EUN, que se manifiesta en pérdidas de N hacia el medio ambiente.

En las últimas décadas se han realizado numerosos ensayos de fertilización de la vid revisados por, entre otros, Bell y Henschke (2005) y Verdenal et al. (2021) para estimar la dosificación del N que maximice la EUN para optimizar producción y calidad de la uva. Sin embargo, hasta el momento no se ha realizado un metanálisis exhaustivo. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue realizar dicho metanálisis, de tal manera que sus resultados sirvan como base para elaborar recomendaciones de abonado nitrogenado de la vid para incrementar su EUN teniendo en cuenta tanto la producción como la calidad de la uva para vinificación.

MATERIAL Y MÉTODOS

En primer lugar, se recopilaron las variables consideradas más importantes para la caracterización de los ensayos de fertilización con N en la vid entre las que destacan rendimiento, poda e índice de Ravaz, así como sólidos solubles totales (SST), acidez titulable y pH del mosto. En segundo lugar, se realizó un barrido con la secuencia “grapevine nitrogen fertili(z,s)ation” en los índices de sumarios de las bases de datos WOS y Scopus. Tras eliminar duplicados, se reunieron 283 artículos de los cuales se descartaron los que trataban sobre uva de mesa, los que no contemplaban ninguna de las variables recopiladas y los de revisión. Así, se seleccionaron 122 artículos de los cuales se consiguió el texto completo de 117. Estos se leyeron en más detalle para extraer los valores de las variables recopiladas. Tras unificar los trabajos que versaban sobre diferentes aspectos de la misma investigación se obtuvo una selección de 95 trabajos. Dentro de cada uno de los trabajos se separaron ensayos en virtud de factores con capacidad para influir sobre las variables consideradas, además de la dosis de N. Estos factores son el año, el riego, el suelo, la variedad y el portainjerto. Finalmente, se dispuso de 374 ensayos distintos y dentro de cada uno se calcularon de manera preliminar los valores relativos de rendimiento y SST.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mayoría de los trabajos seleccionados fueron realizados en Europa (63%) y América (28%), en condiciones de intemperie, ya fuese directamente en suelo (81%) o en maceta (14%), y predominantemente sin riego (48%). El marco de plantación se situó entre 1 y 8 $m^2 \cdot cepa^{-1}$ con 3,1 ± 0,2 $m^2 \cdot cepa^{-1}$ de media, valor que se ha usado para la conversión entre unidades de $g \cdot cepa^{-1}$ y $kg.ha^{-1}$ en la presente comunicación.

La edad de las viñas al principio de los tratamientos estaba entre 1 y 32 años con 11 ± 2 años de media y los ensayos fueron tanto anuales como multianuales. Los portainjertos más utilizados fueron el SO4 (23%) y el Paulsen 1103 (16%) seguidos del pie franco (9%), no habiéndose encontrado información sobre el portainjerto en un 5% de los ensayos. Las variedades utilizadas fueron en total 36, predominando las de uva tinta (63%) frente a uva blanca (33%) y destacando, particularmente, Cabernet Sauvignon (23%) y Syrah (11%).

El 69% de los ensayos seleccionados fueron de dosificación de N con fertilizantes minerales, principalmente urea y nitrato amónico. El resto fueron ensayos de comparación de diferentes tipos de fertilizantes nitrogenados minerales (10%) y de dosificación de N mediante materias orgánicas (9%) de diversa naturaleza. De los ensayos de dosificación de N con fertilizantes minerales, en el 64% de los casos la aplicación fue a través del suelo, en el 26% mediante fertirrigación y en el 10% restante por vía foliar. Las producciones medias fueron de, respectivamente, 12 ± 1, 11 ± 2 y 6 ± 1 $t.ha^{-1}$ con cada tipo de aplicación. Por lo tanto, con aplicación a través del suelo y fertirrigación la producción fue igual al estándar de 12 t/ha, mientras que con la foliar fue la mitad. Por otro lado, el SST medio con cada tipo de aplicación fue de, respectivamente, 20,3 ± 0,4, 21,2 ± 0,6 y 21,8 ± 0,8 ºBrix, es decir, iguales al objetivo de entre 20 y 23 ºBrix para alcanzar el contenido alcohólico estándar del vino de entre 11,5 y 13,5% vol. En consecuencia, de acuerdo con la similitud observada con los estándares de producción y calidad de uva, los resultados que se presentan a continuación se limitan a los ensayos de aplicación de fertilizantes minerales nitrogenados a través del suelo y la fertirrigación.

A través de los diferentes ensayos de fertilización mineral se encontró una notable variabilidad en las dosis de N utilizadas tal y como ponen de manifiesto los tratamientos mínimos y máximos utilizados en cada uno de ellos. El mínimo fue, en general, de 0 $gN \cdot cepa^{-1}$, pero el más elevado alcanzó 400 $gN \cdot cepa^{-1}$ (1300 $kgN \cdot ha^{-1}$) tanto en aplicación a través del suelo como mediante fertirrigación. El tratamiento máximo medio fue de 50 $gN \cdot cepa^{-1}$ (160 kgN.ha-1) para ambos tipos de aplicación. Destacadamente, no se ha constatado que el N aportado en el tratamiento máximo dependiese de la edad de la viña al principio del ensayo.

El rendimiento relativo dentro de cada ensayo se representó frente a la dosis de N. Como se muestra en la Fig. 1, la producción de la vid responde proporcionalmente al N hasta un límite a partir del cual se estabiliza siguiendo el tradicional modelo de pendiente-meseta. En términos de rendimiento, estos valores límite de N son los que maximizarían la EUN de la vid. Por lo tanto, se estimaron separadamente según el tipo de aplicación del N obteniéndose para aplicación por suelo y fertirrigación, las dosis respectivas de N: 7,5 y 8,4 $gN \cdot cepa^{-1}$, es decir, 24 y 27 $kgN \cdot ha^{-1}$. Las correspondientes EUN fueron de 0,46 y 0,39 $t.kgN^{-1}$ que, comparadas con el valor de referencia de 0,24 $t \cdot kgN^{-1}$ (Löhnertz, 1988), casi lo duplican.

Los SST relativos dentro de cada ensayo también se representaron frente a la dosis de N. Aunque las gráficas no se muestran, se observó que, en general, los SST se incrementan con la dosis de N en cada ensayo hasta un óptimo a partir del cual decrecen. El óptimo mediano para cada tipo de aplicación fue de, respectivamente, 5,0 y 3,6 $gN \cdot cepa^{-1}$, es decir, de 16 y 12 $kgN \cdot ha^{-1}$. Estas dosis de N son entre un 33 y un 56% inferiores a las que maximizan la EUN con objetivos de producción, previamente presentadas.

A continuación de estos resultados preliminares, se estudiará cómo cambian con la dosis de N el resto de parámetros de desarrollo de la vid y calidad de la uva para precisar las recomendaciones de abonado nitrogenado que maximicen la EUN teniendo en cuenta producción y calidad de uva para vinificación.

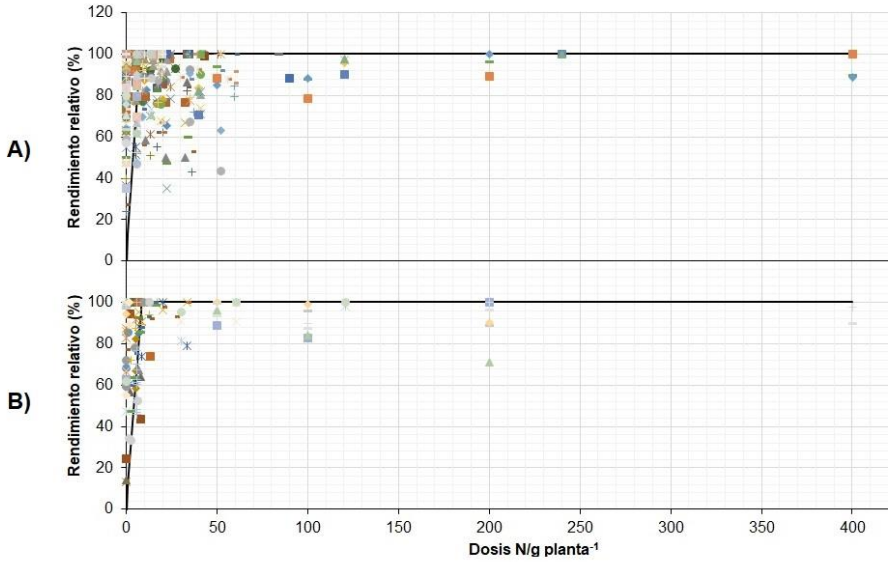


Fig. 1. Rendimiento relativo frente a dosis de nitrógeno y ajuste del modelo pendiente-meseta para los diferentes ensayos de aplicación vía suelo (A) y fertirrigación (B)

AGRADECIMIENTOS

Proyectos PDC2021-121210-C21 y PDC2021-121210-C22 financiados por MICIN/AEI 10.13039/501100011033 y por la Unión Europea Next GenerationEU/ PRTR.

REFERENCIAS

Bell, S.-J., and Henschke, P.A. 2005. Implications of nitrogen nutrition for grapes, fermentation and wine. Aust. J. Grape. Wine. Res. 11:242-295.

Cheng, L., Xia, G., and Bates, T. 2004. Growth and fruiting of young 'Concord' grapevines in relation to reserve nitrogen and carbohydrates. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 129:660-666.

Keller, M. 2005. Deficit irrigation and vine mineral nutrition. Am. J. Enol. Viticult. 56:267-283.

Löhnertz, O. 1988. Untersuchungen zum zeitlichen Verlauf der Nährstoffaufnahme bei *Vitis vinífera* (cv. Riesling). Geisenheim, Universität Giessen.

Verdenal, T., Dienes-Nagy, Á., Spangenberg, J.E., Zufferey, V., Spring, J.-L., Viret, O., Marin-Carbonne, J., and van Leeuwen, C. 2021. Understanding and managing nitrogen nutrition in grapevine: A review. Oeno One. 55:1-43.

Evaluación de la respuesta fisiológica de la variedad de vid 'Pedro Ximénez' en cultivo ecológico en una zona de clima cálido

A. Amores-Arrocha[1], S. Gutiérrez-Gordillo[1], J.M. Pérez-González[1], P. Sancho-Galán[1], E. Montero[2], A. Jiménez-Cantizano[1]*

[1]Departamento de Ingeniería Química y Tecnología de Alimentos, Área de Producción Vegetal, Facultad de Ciencias, Universidad de Cádiz, Campus Internacional de Excelencia Agroalimentario (ceiA3), IVAGRO, P.O. Box 40, 11510 Puerto Real, Cádiz, España.

[2]Bodegas Williams & Humbert. Ctra. Nac. IV, Km 641. 11408 Jerez de la Frontera, Cádiz, España.

* *Ana Jiménez-Cantizano: ana.jimenezcantizano@uca.es*

Resumen

En 2020, según los informes del Instituto de Investigación de Agricultura Orgánica (FiBL), las superficies de terreno destinadas a cultivos en ecológico superan los 74,9 millones de hectáreas a nivel mundial, siendo España el sexto país del mundo, con 2,44 millones de hectáreas, en cultivo ecológico certificado. Sin embargo, según los datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2020) sólo el 14% del viñedo español está certificado como ecológico, y son pocos los trabajos científicos en los que se ha evaluado la respuesta fisiológica de la vid en estas condiciones de cultivo. En este trabajo se presentan resultados preliminares de la evaluación en campo de la respuesta fisiológica de la variedad 'Pedro Ximénez' (*Vitis vinifera* L.) cultivada en una zona de clima cálido. Para ello se dispuso de dos parcelas de viñedo con las mismas características agroclimáticas y vitícolas. Una de las parcelas está certificada en cultivo ecológico y la otra se cultiva de forma convencional. Para evaluar la respuesta fisiológica se utilizó un analizador de gases infrarrojos de alta precisión (IRGA LiCor-6800) para medir la tasa fotosintética neta (A_N) y la conductancia estomática (g_s). A partir de dichas medidas se calculó la eficiencia intrínseca del uso del agua (WUEi). Las medidas se realizaron durante la campaña 2021-22, en diferentes estados fenológicos (floración, guisante, crecimiento de racimo, inicio de envero y pleno envero). En base a los resultados obtenidos, no se observaron diferencias significativas entre los diferentes parámetros analizados en las dos parcelas de estudio en función del manejo del cultivo.

Palabras clave: Viticultura ecológica, tasa fotosintética neta, conductancia estomática, fisiología vid, clima cálido.

INTRODUCCIÓN

La agricultura ecológica u orgánica está fundamentada en la aplicación de técnicas de producción y gestión respetuosas con el medio ambiente, con el objetivo de obtener alimentos de calidad y con un elevado valor nutricional. Considerando las políticas europeas en materia agraria y agroalimentaria y los nuevos retos que en ellas se plantean, es necesario introducir y potenciar este tipo de agricultura en los sistemas de cultivos. En este sentido, la agricultura ecológica ha experimentado un gran auge en los últimos años superando los 74,4 millones de hectáreas según el informe "The World of Organic Agriculture" publicado por FiBL (2022). En el ranking mundial es Australia el país que presenta mayor superficie de cultivo

ecológico (35,9 millones de ha), mientras que España ocupa la sexta posición con 2,44 millones de ha (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021). Sin embargo, en la última década, se ha observado un incremento de la superficie de cultivo dedicada a la producción ecológica, destinándose 131.183 ha al cultivo de la vid (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021).

La variedad de vid 'Pedro Ximénez' se cultiva en las regiones vitivinícolas del Sur de España desde hace siglos (de Rojas Clemente y Rubio, 1807) y es una de las variedades autorizada dentro de las denominaciones de origen (D.O.) Jerez-Xérès-Sherry, D.O. Manzanilla-Sanlúcar de Barrameda, D.O. Montilla-Moriles, D.O.P. Málaga y D.O.P. Condado de Huelva. La importancia de esta variedad reside en que es capaz de producir uva con un grado Baumé elevado, adquiriendo, el vino final, un grado alcohólico natural elevado lo que hace a esta variedad propicia para la elaboración de vinos dulces y generosos.

Son pocos los trabajos publicados relativos al comportamiento fisiológico de esta variedad bajo condiciones de cultivo ecológico en clima cálido. Por ello el objetivo de este trabajo fue evaluar en campo, a nivel fisiológico, la respuesta de la variedad 'Pedro Ximénez' bajo las premisas de la agricultura ecológica.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en un viñedo de la Bodega Williams & Humbert, en Jerez de la Frontera (36°44′53,84” N, 6°7′40,8” O). Se seleccionaron dos parcelas de la variedad 'Pedro Ximénez', una certificada en cultivo ecológico y otra con gestión convencional, injertadas sobre portainjerto 161-49C y con un marco de plantación de 2,40 x 1,10 m. Las plantas tienen una formación en cordón simple con 8 pulgares a 60 cm del suelo. El manejo en ambas parcelas fue el mismo a excepción de los productos fitosanitarios empleado para la protección del cultivo y la aplicación de herbicida en el caso de la parcela convencional. Para las medidas de intercambio gaseoso, se utilizó un analizador de gases infrarrojo IRGA LI-6800 (Licor, Licoln, Nebraska, USA) con el que se obtuvo la tasa fotosintética neta (A_N) y la conductancia estomática (g_s). Se realizaron medidas en los periodos fenológicos de; floración, guisante, crecimiento de racimo, inicio de envero y pleno envero (Lorenz, 1995). Las medidas fueron realizadas a las 10:00 h local sobre hojas adultas de la zona media del primer brote en 12 plantas de cada una de las parcelas seleccionadas. Además, se calculó la eficiencia intrínseca del uso del agua (WUEi) que es la relación entre A_N y g_s. Con el fin de poder tener una referencia de los parámetros climáticos (humedad y temperatura) que se relacionan con las medidas de fisiología se instaló una estación meteorológica (Davis Advance Pro2, Davis Istruments, Valencia, España).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto a la climatología de la zona de estudio se caracterizó por una humedad que osciló entre el 38% en la floración hasta 57-68% en el envero. En referencia a la temperatura se mantuvo estable entre los 20-27ºC de media.

En cuanto a A_N (Fig. 1A) no se encontraron diferencias significativas entre ambos manejos de cultivo en ninguno de los estados fenológicos estudiados, los valores oscilaron entre 10 $\mu mol \cdot m^{-2}s^{-1}$ en floración hasta los 16 $\mu mol \cdot m^{-2}s^{-1}$ en la fase de crecimiento de racimo, observándose una leve caída en el inicio de envero. Sin embargo, si se encontraron diferencias significativas al comparar los diferentes periodos fenológicos siendo el periodo de crecimiento de racimo el que mostró los valores más altos de A_N (16,20 ± 0,33 $\mu mol \cdot m^{-2}s^{-1}$).

Respecto a g_s (Fig. 1B), se encontraron diferencias significativas entre ambos manejos en los periodos de tamaño guisante, crecimiento de racimo y pleno envero, alcanzando mayores valores en los dos primeros en el tratamiento de manejo convencional, respecto al ecológico y siendo mayor en ecológico a partir del inicio del envero. Así mismo se obtuvieron diferencias significativas entre los periodos de crecimiento de racimo, inicio de envero y pleno envero respecto a floración y guisante (ANOVA, p<0,005).

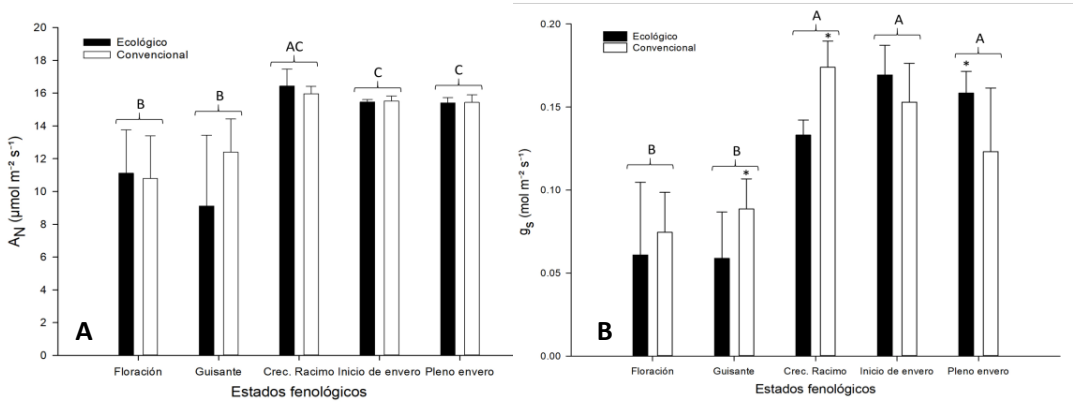


Fig. 1. (A). Tasa fotosintética neta (A_N) y (B). Conductancia estomática (g_s) en cada uno de los estados fenológicos estudiados. *Indican diferencias significativas (p<0,005) entre los diferentes manejos para un mismo período fenológico. Letras mayúsculas indican diferencias significativas (p<0,005), entre los períodos fenológicos.

Atendiendo a la relación A_N-g_s (Fig. 2) se obtuvo la misma relación curvilínea que ha sido estudiada por otros autores (Escalona et al., 1999; Flexas et al., 2002). Esto indica que las cepas tienen una tasa de fijación fotosintética máxima, es decir, por mucha apertura estomática que realice la planta no puede fijar más CO_2.

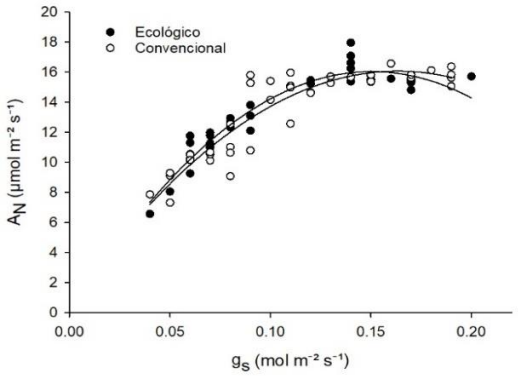


Fig. 2. Relación entre la tasa fotosintética neta (A_N) y la conductancia estomática (g_s) en ambos manejos de cultivo.

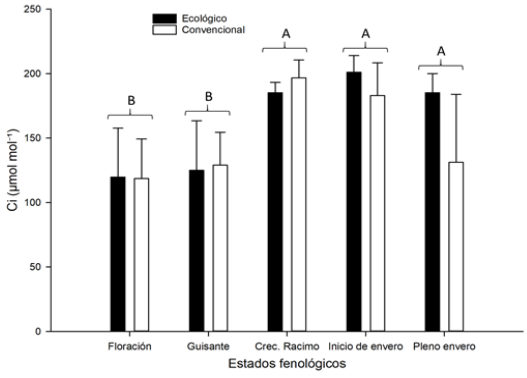


Fig. 3. Fijación de carbono intercelular en cada uno de los estados fenológicos estudiados. Letras mayúsculas indican diferencias significativas (p<0,005), entre los períodos fenológicos.

En cuanto a la fijación de carbono intercelular (Ci) (Fig. 3) la tendencia es similar a g_s, obteniendo los valores más altos en envero. Nuevamente no se detectan diferencias entre ambos

manejos estudiados, sin embargo, al igual que en g_s (Fig. 1B) se observaron diferencias significativas al comparar los periodos fenológicos crecimiento de racimo, inicio de envero y pleno envero frente a floración y guisante.

Respecto a WUEi (Fig. 4A) no se encontraron diferencias significativas entre ambos manejos del cultivo, mostrando una tendencia a disminuir los valores desde la etapa de floración al envero. Además, al relacionar WUEi con g_s en ambos manejos no se encontraron diferencias

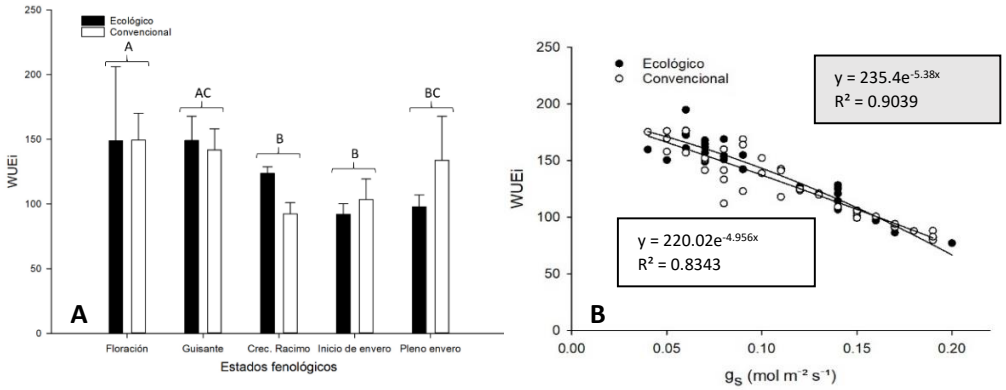


Fig. 4. (A) Eficiencia intrínseca del uso del agua (WUEi) en cada uno de los estados fenológicos estudiados. (B). Relación de la eficiencia intrínseca del uso del agua (WUEi) y la conductancia estomática (g_s) en cada uno de los manejos estudiados. Letras mayúsculas indican diferencias significativas (p<0,005), entre los períodos fenológicos.

significativas entre ellos (Fig. 4B).

AGRADECIMIENTOS

Para la realización de este trabajo de investigación se han utilizado datos originados en el proyecto GOPC-CA-20-0008 (GO INVITEC-PX), financiado por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER), la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Agua y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía e Inversión Territorial Integrada Provincia de Cádiz.

REFERENCIAS

De Rojas Clemente y Rubio S. 1807. Ensayo sobre las variedades de la vid común que vegetan en Andalucía: con un índice etimológico y tres listas de plantas en que se caracterizan varias especies nuevas. Villalpando.

Escalona, J.M., Flexas, J., Medrano, H., 1999. Stomatal and non-stomatal limitations of photosynthesis under water stress in field-grown grapevines. Aust. J. Plant Physiol. 26: 421–433. https://doi.org/10.1071/PP99019_CO

FiBl. 2022. The World of Organic Agriculture. Ed. 23. Research Institute of Organic Agriculture.

Flexas, J., Bota, J., Escalona, J.M., Sampol, B., Medrano, H., 2002. Effects of drought on photosynthesis in grapevines under field conditions: an evaluation of stomatal and mesophyll limitations. Funct. Plant Biol. 29:461–471. https://doi.org/10.1071/PP01119

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2021. Informe de producción ecológica. Ed. Junio 2021.

Lorenz, D., Eichhorn, K., Bleiholder, H., Klose, R., Meier, U. and Weber, E. (1995), Growth Stages of the Grapevine: Phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. vinifera)—Codes and descriptions according to the extended BBCH scale. Aust. J. Grape Wine Res. 1: 100-103. https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.1995.tb00085.x

Eficacia del agua ozonizada en el control de enfermedades del viñedo

Vázquez Abal, J.C.[1], Cancela, J.J. [2], Rodríguez-Febereiro, M.[2], Tubío-Fernández, M.A.[3], Martínez-Rodiño, J.[3], Gramaje, D.[4] , Vázquez-Arias, A.[1] y Díaz-Losada, E.[1*]

[1]Estación de Viticultura e Enoloxía de Galicia (AGACAL_EVEGA). Ponte San Clodio s/n, 32428, Leiro, Ourense (España).

[2] GI-1716 – Universidad de Santiago de Compostela, Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, Rúa Benigno Ledo s/n 27002 , Lugo, España

[3] Bodegas Martin Codax, SAU, Lugar Burgans, 91, 36633, Vilariño, Cambados, Pontevedra, España

[4] Instituto de Ciencias de la Vid y el Vino (ICVV), Consejo Superior de Investigaciones Científicas-Universidad de la Rioja-Gobierno de La Rioja, Ctra. LO-20 Salida 13, 26007, Logroño, España

**Emilia Díaz Losada: emilia.diaz.losada@xunta.es*

Resumen

El ozono está considerado como un agente desinfectante, y su uso en medicina, depuración de aguas, o en distintos puntos de la cadena agroalimentaria está ampliamente demostrado. El desarrollo de sistemas de ozonización del agua y su acoplamiento a pulverizadores agrícolas está permitiendo que pueda ser utilizado en diversos cultivos, y más concretamente en el viñedo. Sin embargo, existen pocos referentes de su eficacia ni de recomendaciones de uso. Con la finalidad de valorar la eficacia del ozono frente a las principales enfermedades producidas por los hongos *Erysiphe necator* y *Phyllosticta ampelicida*, y el oomiceto *Plasmopara vitícola*, se estableció un diseño experimental con la variedad 'Albariño' en un viñedo comercial situado en al ámbito geográfico de la Denominación de Origen Rías Baixas. Durante la campaña 2021, se establecieron 7 tratamientos: (T1) testigo sin ningún tipo de aplicación, (T2) aplicación de agua ozonizada (OW) y fungicidas químicos (CHF) para el control de *E. necator*, (T3) OW y CHF para control de *P. vitícola*, (T4) aplicación OW durante toda la campaña de producción, (T5) OW en alternancia con CHF para control de los tres patógenos, (T6) aplicación de OW durante toda la campaña a excepción de etapas fenológicas de alta sensibilidad a los patógenos mencionados en las que se aplican CHF, (T7) aplicación de CHF durante toda la campaña. La baja incidencia de *E. necator* y *P. ampelicida* no permitió obtener una valoración objetiva del efecto del OW sobre estos patógenos. La incidencia de *P. vitícola* en las primeras etapas de infección fue similar en los distintos tratamientos, mientras que a medida que aumentaba el grado de infección se observó menor incidencia del patógeno en los tratamientos con aplicación alternante de OW y CHF o exclusivamente con CHF.

Palabras clave: *Vitis vinífera*, agua ozonizada, Albariño, mildiu, oidio, fitosanitarios.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades endémicas, oídio, podedrumbre gris (Botrytis), podedrumbre negra (Black rot) y fundamentalmente mildiu, pueden llegar a provocar pérdidas entre un 20 % y un 80 % de la producción en Galicia. El control de estas enfermedades es una preocupación creciente para el sector, debido por una parte a una mayor restricción en la aplicación de fitosanitarios para su tratamiento, por su efecto nocivo para el medioambiente y para la salud humana, y por otra parte el elevado interés del consumidor por productos agroalimentarios sin residuos, con tendencia al consumo de productos más ecológicos.

El ozono está considerado como un agente desinfectante, y su uso en distintos puntos de la cadena agroalimentaria está ampliamente demostrado (Bellincontro, 2017). El desarrollo de sistemas de ozonización del agua y su acoplamiento a pulverizadores agrícolas está permitiendo que pueda ser utilizado en diversos cultivos (Fujiwara et al., 2009). Sin embargo, existen pocos referentes de su eficacia en viñedo.

La finalidad de este trabajo es valorar su eficacia frente a las principales enfermedades producidas por los hongos *Erysiphe necator* y *Phyllosticta ampelicida* (sinónimo *Guignardia bidwellii*), y el oomiceto *Plasmopara vitícola*.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se ha llevado a cabo en un viñedo comercial de la variedad Albariño propiedad de la Cooperativa Martín Codax, en el ámbito geográfico de la Denominación de Origen Rías Baixas (Pontevedra, España), durante la campaña 2021,

Con un diseño experimental de bloques aleatorizados con tres repeticiones, se han establecido las siguientes estrategias de aplicación: (T1) testigo sin ningún tipo de aplicación, (T2) aplicación de agua ozonizada (OW) y fungicidas químicos (CHF) para el control de *E. necator*, (T3) OW y CHF para control de *P. vitícola*, (T4) aplicación OW durante toda la campaña de producción, (T5) OW en alternancia con CHF para control de los tres patógenos, (T6) aplicación de OW durante toda la campaña a excepción de etapas fenológicas de alta sensibilidad a los patógenos mencionados en las que se aplican CHF, (T7) aplicación de CHF durante toda la campaña. En la aplicación de los distintos tratamiento se tuvo en cuenta la previsión de infección en base a la plataforma de Monet Viticultura.

Se realizaron cinco evaluaciones a lo largo de la campaña, en hoja y racimo. La incidencia de los diferentes patógenos se determinó siguiendo la metodología propuesta por la Organización Europea y Mediterránea de Protección de Plantas (EPPO, 2009)

La incidencia de los diferentes patógenos se valoró a partir del grado de ataque de los diferentes hongos (Towsend-Heuberge,1943).

La valoración de diferencias entre tratamientos se llevó a cabo mediante análisis de la varianza (ANOVA), utilizando el programa estadístico XLSTAT (Adinsoft, Paris) y en caso de existir diferencias significativas, se utilizó el test de Fisher para la separación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones climáticas en la anualidad 2021, determinaron una elevada incidencia de mildiu, sin embargo, la incidencia de podredumbre negra fue baja, inferior al 1 %, y no se detectó presencia de oídio.

En ausencia de aplicaciones fitosanitarias la incidencia mildiu en el testigo (T1) ha sido muy elevada por lo que la evaluación de las cepas solamente se ha realizado para constatar la

presencia de enfermedad.

Los distintos tratamientos establecidos se han definido con la finalidad de determinar el efecto del OW sobre los distintos patógenos evaluados (estrategias T2 y T3), y para poder valorar la viabilidad de estrategias que permita una reducción de la utilización de fitosanitarios químicos (estrategias T4, T5 y T6).

En la fig.1 se muestra el grado de ataque de *P. vitícola* y de *P. ampelicida* en función de la fecha de muestreo, y para los distintos tratamientos establecidos.

El grado de ataque *P. vitícola* en las primeras etapas de infección, porcentaje de grado de ataque inferior al 1 %, fue similar en los distintos tratamientos (fig. 1 a), mientras que a medida que aumentaba el grado de infección, muestreos de mayo (fig. 1 b, c), y junio (fig. 1 d), se observan diferencias significativas entre los tratamientos siendo los tratamientos T3 y T7 los que presentan menor porcentaje de grado de ataque, seguidos de los tratamientos T5, T6 y T2. En el último muestreo de julio el grado de afección de las hojas en los tratamientos T2 y T4 fue del 100 %, por lo que solamente se consideran como viables los tratamientos T3, T5, T6 y T7, siendo T7 y T3 los que muestran menor porcentaje de grado de ataque (fig 1e).

Resultados similares se obtuvieron en la evaluación de la incidencia de *P. vitícola* en racimos. (fig.1 f, g, h).

En relación a la evaluación de *P. ampelicida*, no se han observado diferencias significativas claras entre tratamientos. El porcentaje de grado de ataque no ha superado el 0,3% en ninguno de los muestreos realizados, por lo que los resultados obtenidos no tienen una gran significación del efecto de la enfermedad en el viñedo.

Distintos estudios han mostrado una disminución de poblaciones de hongos y bacterias cultivables en medio de cultivo en placa en el laboratorio (Modesti et al., 2019). *P. viticola* no es cultivable en placa por lo que es difícil evaluar el efecto del agua ozonizada en condiciones de laboratorio. Este estudio demuestra la baja eficacia de su aplicación para el control de *P. viticola* en campo, bien como consecuencia de la baja viabilidad del agua ozonizada desde su aplicación, o por la resistencia del hongo ante este agente oxidante.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado como parte del proyecto piloto “VITIOZÓN” Ref. FEADER 2020/059A, financiado con fondos Feader en un 75 %, con fondos propios de la Xunta de Galicia en un 22,5 % y con fondos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación en un 2,5 %.

REFERENCIAS

Bellincontro, A., Catelli, C., Cotarella, R., y Mencarelli, F. 2017. Postharvest ozone fumigation of Petit Verdot grapes to prevent the use of sulfites and to increase anthocyanin in wine. Aust. J. Grape Wine Res. 23:200-206.

Fujiwara, K., Fujii, T. y Park, J.S. 2009. Comparison of foliar spray efficacy of electrolyt-ically ozonated water and acidic electrolyzed oxidizing water for controlling powdery mildew infection on cucumber leaves. Ozone Sci. Eng. 31 (1):10–14.

Modesti, M., Baccelloni, S., Brizzolara, S., Aleandri, M.P., Bellincontro, A., Mencarelli, F. y Tonutti, P. 2019. Effects of treatments with ozonated water in the vineyard (cv Vermentino) on microbial population and fruit quality parameters. BIO Web of Conferences. 13, 04011

Townsend, G.R. y Heuberger, J.W. 1943. Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. Plant Dis. Rep. 24: 340-343.

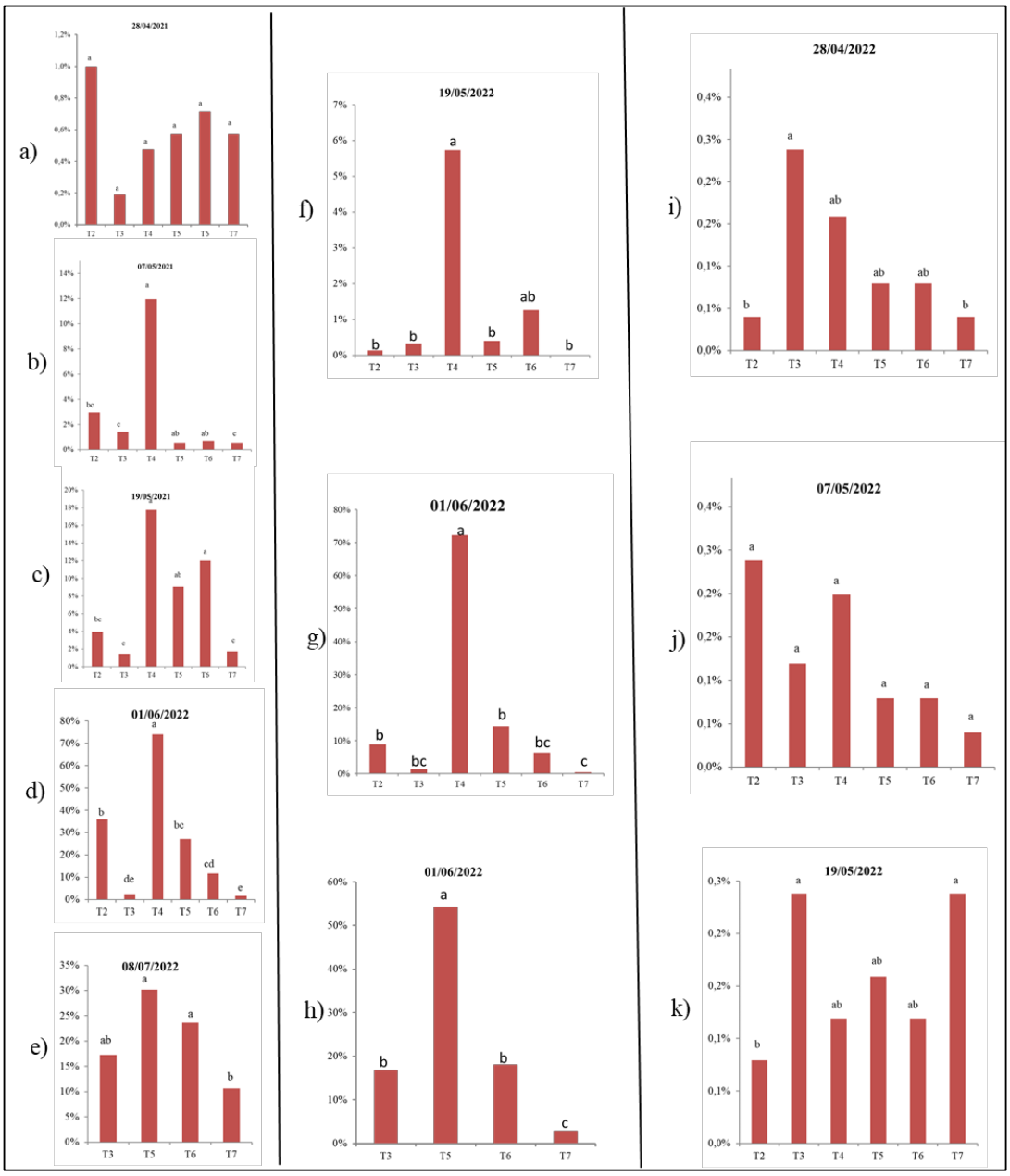


Figura 1. Grado de ataque de *Plasmopara vitícola* en hoja (a, b, c, d, e) y racimo (f, g, h), y de *Phyllosticta ampelicida* en racimo (i, j, k), en las distintas fechas de muestreo y los distintos tratamientos. (T2) aplicación de agua ozonizada y fungicidas químicos (CHF) para el control de *E. necator*, (T3) OW y CHF para control de *P. vitícola*, (T4) aplicación OW durante toda la campaña de producción, (T5) OW en alternancia con CHF para control de los tres patógenos, (T6) aplicación de OW durante toda la campaña a excepción de etapas fenológicas de alta sensibilidad a los patógenos mencionados en las que se aplican CHF, (T7) aplicación de CHF durante toda la campaña.

¿Se puede emplear ozono para el control de oídio (*Erysiphe necator Schwein*) en viñedo?

Cuadrado-Galera I.[1*], Arbizu-Milagro, J.[1], Tascón A.[1], Varela A.[1] y Castillo-Ruiz F. J.[1, 2]

[1]Universidad de La Rioja. Departamento de Agricultura y Alimentación. Facultad de Ciencia y Tecnología, C/ Madre de Dios, 53, 26006, Logroño. España.

[2]Universidad de Córdoba. E.T.S. de Ingeniería Agronómica y de Montes. Edificio Leonardo Da Vinci, Campus de Rabanales, ctra. N-IV, km 396, 14014, Córdoba.

**Autor/a: isabel.cuadrado@unirioja.es*

Palabras clave: incidencia, severidad, estrategia de control, tratamiento fitosanitario.

RESUMEN

Las estrategias de control de oídio en la DOCa Rioja se encuentran en un proceso de mejora continua. El empleo del ozono como un producto más es una opción para reducir el uso de productos fitosanitarios convencionales, aunque su escasa persistencia puede requerir numerosos tratamientos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la idoneidad del ozono como materia activa capaz de ayudar al control del oídio dentro de una estrategia que combinase una adecuada eficacia con una reducción del empleo de productos fitosanitarios convencionales. La aplicación de una estrategia de control basada en ozono y productos convencionales registró niveles de oídio similares a los tratamientos convencionales, tanto en incidencia de la enfermedad como en severidad. Sin embargo, el empleo de una estrategia basada exclusivamente en aplicaciones de ozono proporcionó niveles de incidencia y severidad de la enfermedad superiores al tratamiento convencional, especialmente en la variedad Tempranillo.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades fúngicas de la vid son de especial importancia, y a ellas está ligado gran parte del uso masivo de productos fitosanitarios y pesticidas. Aproximadamente, el 35% del uso de estos productos está relacionado con su aplicación en vid (Campayo et al., 2020a). No obstante, cada vez hay más conciencia acerca de los efectos negativos de los pesticidas químicos sobre el medio ambiente y sobre nuestra salud (Campayo et al., 2019). Por ello, la búsqueda, desarrollo e implantación de tratamientos alternativos contra los patógenos fúngicos se constituye como una necesidad en la actualidad.

El ozono es un gas oxidativo y soluble en agua parcialmente. En ella es inestable, lo que conduce a su rápida descomposición en oxígeno sin dejar residuos. Esto hace que el uso de ozono en viñedo sea una alternativa sostenible desde el punto de vista medio ambiental (Campayo et al., 2020b), aunque su escasa persistencia puede hacer que se requieran numerosos tratamientos. En la DOCa Rioja las estrategias de control de oídio se encuentran en un proceso de mejora continua, por ello, se propone la aplicación de ozono disuelto en agua mediante pulverización en viña con el objetivo de sustituir o, al menos, reducir la utilización de productos químicos de

síntesis en el control de enfermedades fúngicas en vid.

El objetivo de este trabajo es evaluar la idoneidad del ozono como materia activa capaz de ayudar al control del oídio dentro de una estrategia que combine una adecuada eficacia con una reducción del empleo de productos fitosanitarios convencionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental

En 2022 se trató una parcela comercial ubicada en Logroño (42.476433 N, -2.494635 O) perteneciente a bodegas Campo Viejo (Pernod Ricard Winemakers Spain, S.A.U) con dos variedades de uva, Tempranillo y Graciano. Se establecieron 4 tratamientos en 2022, dividiendo cada tratamiento en 4 bloques para poder determinar si la situación y orografía de cada parte de la parcela podía afectar a la efectividad del tratamiento (Fig. 1).

- T0 (Testigo): no se realizan tratamientos.
- T1: se ha aplicado solo ozono.
- T2: se aplica ozono o materias activas convencionales en base a los mapas de riesgo de oídio proporcionados por el Gobierno de La Rioja.
- T3: Tratamiento convencional realizado por la bodega.

Equipo de aplicación

Para la aplicación de ozono se utilizó un pulverizador hidráulico de chorro transportado semisuspendido de 1.500 litros de capacidad, modificado para inyectar ozono directamente en el circuito de aspiración del equipo. Este equipo fue calibrado previamente al inicio de la aplicación de los tratamientos de ozono.

Modelo bioclimático

En primer lugar, se estableció un calendario de tratamientos, con una frecuencia máxima de 9 días y en paralelo a los tratamientos convencionales llevados a cabo por la bodega. Se usaron los mapas de riesgo de oídio para viña en La Rioja (Gobierno de La Rioja, 2022), que ofrece datos de riesgo de oídio basados en el modelo bioclimático de Gubler-Thomas y cuyo contenido se actualiza desde abril hasta agosto de forma diaria en forma de mapas, tablas y calendarios. Según el nivel de riesgo acumulado de conidias a 7 días, se determinó si se realizaba tratamiento según el calendario planteado, si no se realizaba o si había que hacer un tratamiento con otra materia activa.

Toma de datos y análisis estadístico

Se realizaron valoraciones de la presencia de oídio eligiendo 50 racimos al azar en cada bloque de cada tratamiento. La incidencia y severidad de la enfermedad se evaluó antes y después de la aplicación para determinar la acción de los tratamientos. A cada uno de los racimos se le asignó en campo un número del 0 al 100 que representaba el porcentaje de oídio que cubre el racimo, es decir, la severidad. La incidencia se calculó posteriormente a partir del número de racimos afectados por oídio del total de racimos contados en cada bloque. Para el análisis estadístico de los datos se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) con el software IBM SPSS Statistics,

utilizando el método de Scheffé para la separación de medias y asumiendo un nivel de significación < 0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En 2022 se hicieron 12 aplicaciones a los T1 en ambas variedades y 11 aplicaciones en T2. En el año 2022 se aplicó de media una concentración de 7,0±0,335 ppm de ozono.

En cuanto a la variedad Tempranillo, se observa que la incidencia aumentó conforme se suceden los días, en todos los tratamientos a excepción de T3, que mantuvo una incidencia similar a la del inicio (Fig. 2). El T2 mostró a fecha 30 de julio valores superiores de incidencia comparado con T3. El aumento de la incidencia en T2 con respecto al inicio no superó el 15%, por lo que con este tratamiento se consiguió controlar la enfermedad. El T1 presentó unos valores de incidencia en los racimos muy similares a los del T0.

En cuanto a la severidad, los resultados en Tempranillo fueron similares en el T3 y en el T2. En el T1 fueron superiores a T3 y a T2, pero inferiores en un 20% a T0.

En Graciano, la tendencia en la incidencia de la enfermedad fue similar en todos los tratamientos (Fig. 2). La severidad del oídio fue mucho menor que en Tempranillo, alcanzándose tan solo 10% en el T1, mientras que en Tempranillo se alcanzaron valores del 30%.

Por tanto, el T1 ayudó a controlar la enfermedad en una variedad menos sensible al oídio, como es Graciano. En variedades más sensibles como Tempranillo los resultados indican que es necesario emplear una combinación de ozono con materias activas convencionales para poder controlar la enfermedad.

Se necesita seguir investigando en esta línea para ajustar la frecuencia de los tratamientos de ozono y optimizar las estrategias de tratamiento.

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación recibida de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de La Rioja a través del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y los fondos FEADER al Equipo de Innovación Innozone (2022-2025): “Mejora de estrategias de aplicación de ozono para control de oídio en vid”.

Referencias

Campayo, A., Serrano de la Hoz, K., García-Martínez, M. M., Sánchez-Martínez, J. F., Salinas, M. R., & Alonso, G. L. (2019). Spraying ozonated water on Bobal grapevines: Effect on grape quality. *Food Research International*, *125*, 108540. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108540

Campayo, A., Serrano de la Hoz, K., García-Martínez, M. M., Salinas, M. R., & Alonso, G. L. (2020a). Novel endotherapy-based applications of ozonated water to Bobal grapevines: effect on grape quality. *Agronomy*, *10*(9), 1218.

Campayo, A., Serrano de la Hoz, K., García-Martínez, M. M., Salinas, M. R., & Alonso, G. L. (2020b). Spraying ozonated water on Bobal grapevines: effect on wine quality. *Biomolecules*, *10*(2), 213.

Gobierno de La Rioja. 2022. Mapas de riesgo de oídio para viña en La Rioja. Último acceso: 07/09/2022. Disponible en: https://www.larioja.org/agricultura/es/informacion-agroclimatica/mapas-riesgo-oidio-vina-rioja

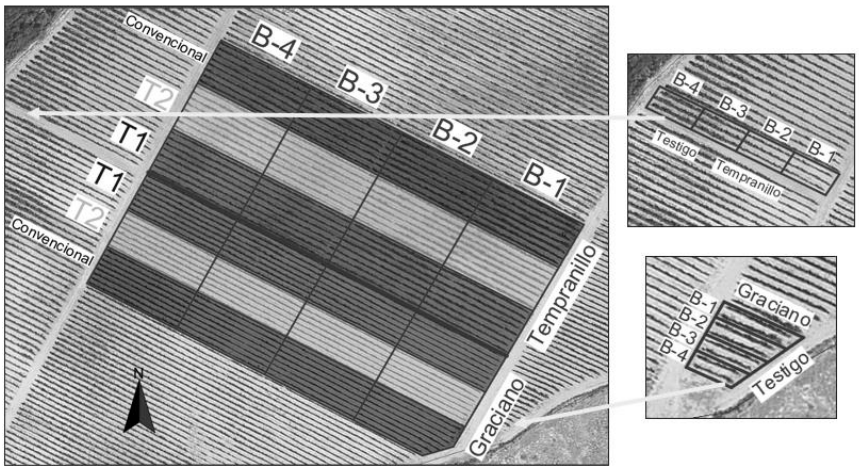


Fig. 1. Diseño experimental en la parcela en la que se han realizado los tratamientos.

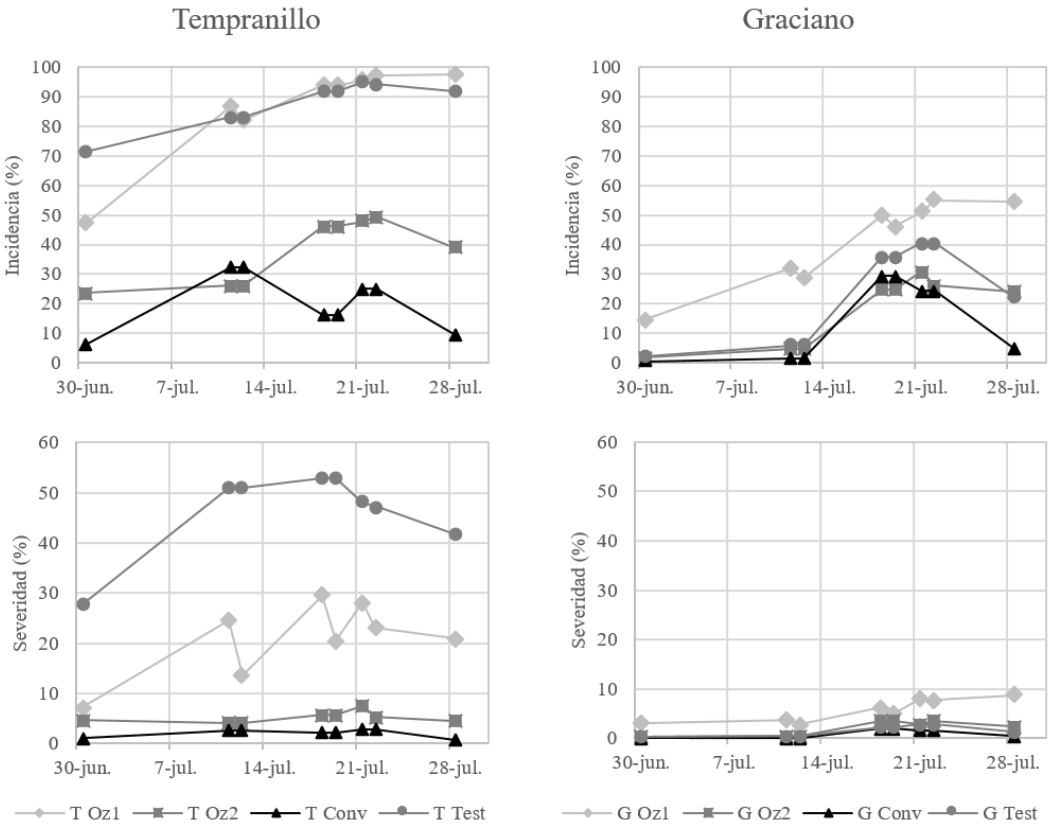


Fig. 2. Evolución de la incidencia y de la severidad del oídio en racimo en Tempranillo y Graciano.

Viñamecum

H. Maciá[1], J.I. García-García[2], D. Marín-Aragón[2], A. Jiménez-Cantizano[1]*

[1] Departamento de Ingeniería Química y Tecnología de Alimentos, Área de Producción Vegetal, Facultad de Ciencias, Universidad de Cádiz, Campus Internacional de Excelencia Agroalimentario (ceiA3), IVAGRO, P.O. Box 40, 11510 Puerto Real, Cádiz, España.

[2] Departamento de Matemáticas, INDESS (Instituto Universitario para el Desarrollo Social Sostenible), Facultad de Ciencias, Universidad de Cádiz, P.O. Box 40, 11510 Puerto Real, Cádiz, España.

A. Jiménez-Cantizano: ana.jimenezcantizano@uca.es

Resumen

Las tecnologías de la información y las telecomunicaciones (TIC) ofrecen nuevas oportunidades para dar servicios de información técnica a los agricultores, con el fin de facilitarles la gestión de sus cultivos. Este trabajo tiene como objetivo presentar una aplicación web progresiva (PWA) para dispositivos móviles, que incorpora información técnica actualizada sobre las plagas y enfermedades de la vid con el fin de facilitar un correcto control y Gestión Integrada del viñedo. En su desarrollo se generó una base de datos con contenidos y fotografías de plagas y enfermedades de la vid para su acceso a través de dispositivos móviles (teléfono móvil o tableta). Además, a través de un Sistema Experto, la aplicación permite el diagnóstico de patologías y la identificación de plagas respondiendo a las preguntas que se formulan. Esta PWA está dirigida principalmente a técnicos, estudiantes y viticultores que quieran implementar estrategias de gestión de cultivos más respetuosas con el medio ambiente.

Palabras clave: Enfermedades de la vid; plagas de la vid; diagnóstico; tecnologías de la información y las telecomunicaciones; aplicación web progresiva; sistema de decisión; sistemas en línea.

INTRODUCCIÓN

La vid (*Vitis vinifera* L.) es una de las especies frutícolas más cultivada a nivel mundial. Su cultivo está limitado por las exigencias climáticas de esta especie para el óptimo desarrollo de las plantas (Barnuud et al., 2014) y la incidencia de enfermedades y plagas que comprometen su productividad (Boiss et al., 2017). El control químico se ha utilizado tradicionalmente en la viticultura convencional para el control de plagas y enfermedades en el viñedo. Sin embargo, el uso de los productos fitosanitarios que se emplean en la protección del viñedo, pueden generar contaminación al medio ambiente (Komárek et al., 2010) y problemas para la salud humana, si no se usan adecuadamente y no se cumplen los plazos de seguridad (Ntzani et al., 2013). Por esta razón, el uso de productos fitosanitarios ha sido regulado en algunos países. Por ejemplo, en Europa, la Directiva 2009/128/EC (https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2009/128/oj) estableció un marco de acción comunitario para lograr el uso sostenible de pesticidas y la promoción del manejo integrado de plagas en los cultivos. Para implementar esta estrategia en el manejo de viñedos es necesario contar con personal técnico

calificado o en su defecto brindar información específica a los agricultores para que puedan actuar bajo las premisas de la protección integrada.

El crecimiento generalizado de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones (TIC) ofrece nuevas oportunidades para crear servicios de información técnica, útil y de bajo coste para los agricultores. Además, el enorme avance de los dispositivos móviles ha abierto un amplio abanico de oportunidades. Su portabilidad y rendimiento informático son características que han permitido el desarrollo de aplicaciones innovadoras en campos como la medicina, el deporte y la agricultura (Aquino et al., 2015). En el campo de la viticultura, son cada vez más las herramientas tecnológicas que se están desarrollando para facilitar la gestión del cultivo y asegurar una cosecha de calidad.

El objetivo del presente trabajo se centra en dar a conocer el desarrollo de una aplicación informática para facilitar un correcto diagnóstico y control de enfermedades y plagas en el viñedo ayudando a los usuarios a realizar una la gestión integrada de plagas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para recopilar el material utilizado en este trabajo se realizó una búsqueda de información técnica e imágenes sobre las principales plagas y enfermedades que atacan a la vid, utilizando los recursos electrónicos de la biblioteca de la Universidad de Cádiz (UCA, https://biblioteca.uca.es/).

La aplicación se creó como una aplicación web progresiva (PWA) utilizando tecnologías web comunes como HTML, CSS y JavaScript (Tal Ater, 2017). Para el diagnóstico de los síntomas o daños de las enfermedades o plagas en el viñedo se empleó un Sistema Experto, imitando el proceso de razonamiento que los expertos utilizan para resolver problemas (Jackson, 1998; Badaro et al., 2013). Para ello, con la información recopilada, se creó una matriz en una hoja de cálculo de Microsoft Excel (2013), en cada fila se incluyeron los nombres científico y común de las especies que generan el daño o síntoma de una enfermedad y en las columnas se indicaron las preguntas que permitirían realizar el diagnóstico al usuario respondiendo con un código numérico: 0 ausencia y 1 presencia del síntoma/daño.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación Viñamecum, es una aplicación informática en español que puede ejecutarse en teléfonos móviles o tabletas, que utilicen un navegador compatible con los estándares. Además, incluye la funcionalidad para trabajar sin conexión a internet, recibir notificaciones de forma automática y permite el acceso al hardware del dispositivo. Todo ello permite experiencias de usuario similares a las aplicaciones nativas en dispositivos móviles y de escritorio. Además, dado que una aplicación web progresiva es una página web o sitio web, no es necesario que los usuarios la instalen a través de sistemas de distribución digital. Esta aplicación puede descargarse directamente en el siguiente enlace web: https://fcc.uca.es/web/vinamecum.

La aplicación está organizada en diferentes pestañas con desplegables (Fig. 1) en los que se incluye una descripción de las principales plagas y enfermedades descritas para el viñedo incluyéndose: el nombre científico y el nombre común, el ciclo biológico, los síntomas o daños y diferentes estrategias de control, así como, un enlace al Registro de Productos Fitosanitarios del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, https://servicio.mapa.gob.es/regfiweb) para que los usuarios puedan comprobar en caso

necesario los productos autorizados para el control. Además, en la pestaña denominada con el mimo nombre de la aplicación "Viñamecum" se enlaza el sistema de experto. Para ello se construyó una matriz de datos de 30 filas y 63 columnas. El núcleo de esta aplicación es la base de conocimiento que proporcionan los datos recopilados en la hoja de cálculo y el Sistema Experto que dará respuesta al usuario sobre estado fitosanitario de su viñedo al observar algún síntomas o daños en los diferentes órganos de las plantas de vid que este cultivando (García-García et al., 2021) (Fig.2).

REFERENCIAS

Aquino, A., Millan, B., Gaston, D., Diago, M. P. and Tardaguila, J. 2015. vitisFlower®: development and testing of a novel an-droidsmartphone application for assessing the number of grapevine flowers per inflorescence using artificial vision techniques. Sensors 15(9): 21204-21218.

Badaró, S., Ibañez, L. J. and Agüero, M. J. 2013. Sistemas expertos: fundamentos, metodologías y aplicaciones. Ciencia y tecnología 13: 349-364.

Barnuud, N.N., Zerihun, A., Gibberd, M., Bates and B. Berry. 2014.Composition and climate: responses and empirical models. Int. J. Biometeorol. 58: 1207–1223.

Bois, B., Zito, S. and Calonnec, A. 2017. Climate vs grapevine pests and diseases worldwide: the first results of a global survey. OENO one 51(2-3): 133-139.

García-García, J. I., Marín-Aragón, D., Maciá, H. and Jiménez-Cantizano, A. (2021). Viñamecum: A Computer-Aided Method for Diagnoses of Pests and Diseases in the Vineyard. Applied Sciences, 11(10), 4704.

Jackson, P. 1998. Introduction To Expert Systems (3 ed.). Addison Wesley, Massachusetts.

Komárek, M., C˘ adková, E., Chrastný, V., Bordas, F. and Bollinger, J.-C. 2010. Contamination of vineyard soils with fungicides: a review of environmental and toxicological aspects. Environ. Int. 36: 138–151.

Ntzani, A., Chondrogiorgi, M., Ntritsos, G., Evangelou, E. and Tzoulaki, I. 2013. Literature review on epidemiological studies linking exposure to pesticides and health effects (External Scientific Report No. 2013: EN–497). European Food Safety Authority.

Tal Ater. 2017. Building Profressive Web Apps. O'Reilly Media, California.

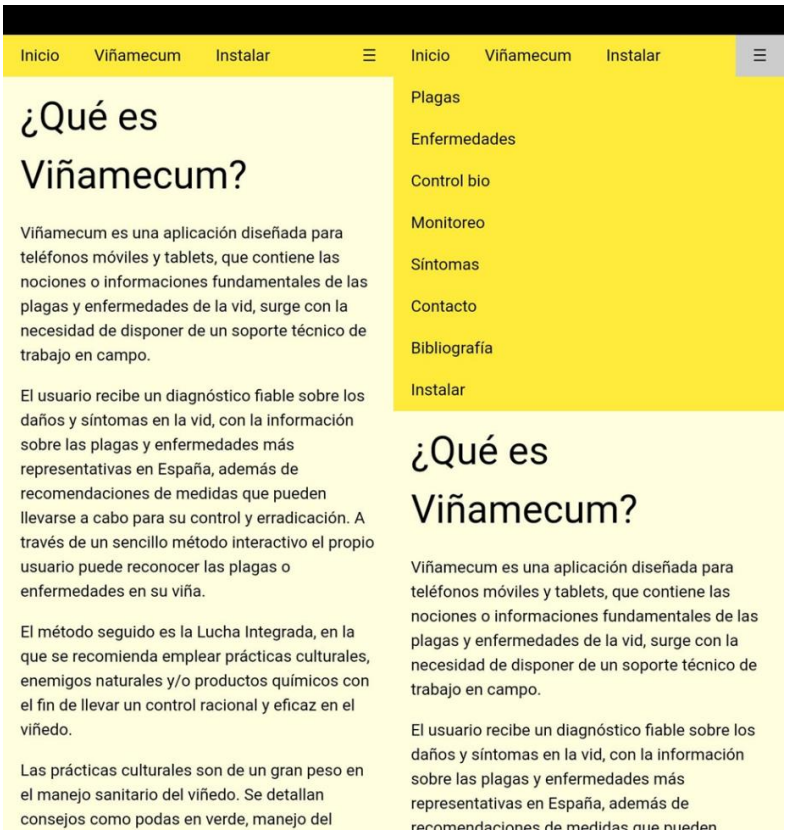


Fig1. Interfaz y desplegables de la Aplicación “Viñamecum”.

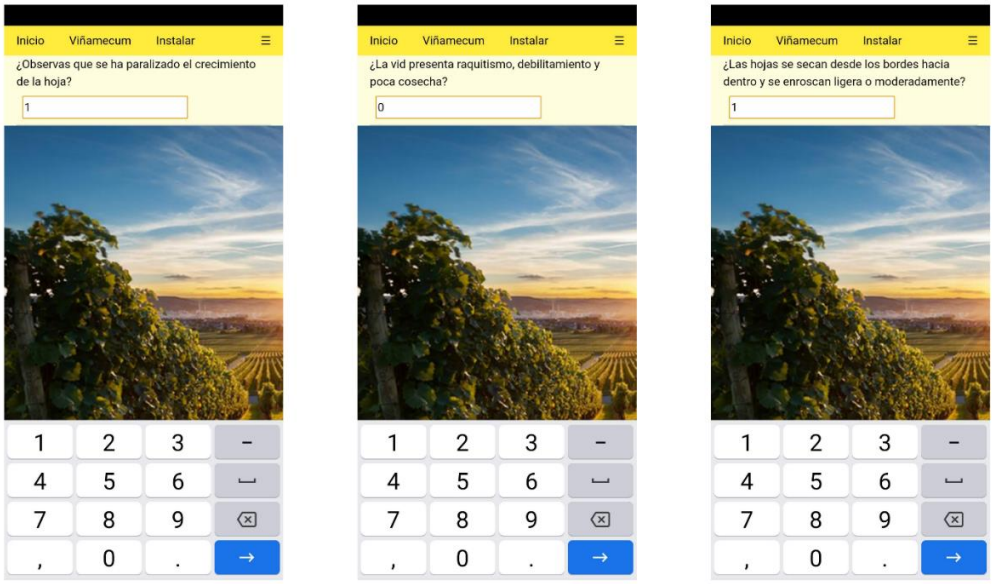


Fig2. Capturas de pantallas de un ejemplo para el diagnóstico de una enfermedad utilizando la aplicación “Viñamecum” en un teléfono móvil.

Sistema de apoyo a la decisión para la elección del portainjerto y el régimen de riego y nitrógeno en la vid para vinificación: WANUGRAPE4.0

F. Visconti[1]*, I. Buesa[2], M. de la Fuente[3], J.M. Escalona[2], H. Medrano[2], C. Miranda[4], J.M. Mirás Avalos[5], J. Palacios[6], J.G. Pérez Pérez[7], J.M. Ramírez-Cuesta[1], P. Romero[8], L.G. Santesteban[4], N. Torres[4] y D.S. Intrigliolo[1]

[1] Centro de Investigaciones sobre Desertificación-CIDE (CSIC, UVEG, GVA), Moncada (Valencia)

[2] Instituto de Investigaciones Agroalimentarias y de Economía del Agua, Universidad de las Islas Baleares INAGEA-UIB, Palma (Baleares)

[3] Plataforma Tecnológica del Vino-PTV, Madrid

[4] Universidad Pública de Navarra-UPNA, Pamplona (Navarra)

[5] Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón-CITA, Zaragoza (Aragón)

[6] Viticultura Viva, San Martín de Unx (Navarra)

[7] Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias-IVIA (GVA), Moncada (Valencia)

[8] Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Medio Ambiental-IMIDA, La Alberca (Murcia)

**F. Visconti: fernando.visconti@uv.es*

Resumen

En las últimas décadas, el cultivo de la vid en España ha experimentado un incremento de producción a pesar de la reducción de la superficie cultivada gracias, en parte, a su trasformación al regadío. No obstante, en el actual escenario de cambio climático y creciente competencia por recursos hídricos de calidad, la eficiencia en el uso del agua en la agricultura, de la cual la viticultura es una parte de singular importancia socioeconómica en nuestro país, debe incrementarse. Para abordar este desafío, se planteó el proyecto WANUGRAPE4.0 con el objetivo de desarrollar y transferir al sector vitivinícola un Sistema de Apoyo a la Decisión (SAD) que, integrado en un Sistema de Información Geográfica, ayude a los viticultores en: i) la selección del portainjerto más adecuado dados unos condicionantes agroecológicos y unos objetivos enológicos; y ii) la programación del riego y la fertilización nitrogenada más adecuadas de acuerdo con ellos. En el actual estado de desarrollo del proyecto se ha conseguido: i) definir la estructura modular y flujo de información del SAD; ii) formular los algoritmos principales del módulo de balance hídrico, parte central del SAD; iii) iniciar los ensayos de campo para la validación de este módulo; iv) relacionar el estado hídrico de la vid con su producción y calidad de cosecha para la vinificación; v) establecer umbrales de abonado nitrogenado de la vid que maximicen la eficiencia de uso del nitrógeno; y vi) recopilar información de ensayos de portainjertos y definir y codificar su módulo de selección. El proyecto WANUGRAPE4.0 continúa su curso para ofrecer al sector vitivinícola un SAD a la altura de los retos a los que se enfrenta en el siglo XXI.

Palabras clave: Viticultura, fertilización, cambio climático, eficiencia en el uso del agua, agricultura de precisión.

INTRODUCCIÓN

La vid (*Vitis vinifera* L.) ha sido tradicionalmente cultivada en secano y, en consecuencia, su producción y calidad han fluctuado siguiendo la meteorología de cada año. La introducción del riego proporciona al viticultor una herramienta para mitigar los efectos de la variabilidad climática. Por lo tanto, se han podido alcanzar niveles de producción y calidad de uva relativamente constantes y predecibles (Flexas et al., 2010) y, en consecuencia, adecuados para la industrialización del sector vitivinícola. En la actualidad, sin embargo, la sostenibilidad del regadío en la viticultura española se enfrenta al reto de la notable extensión de viñedo susceptible de regarse (López-Urrea et al. 2012), en combinación con la creciente competencia por agua de calidad para diversos usos (Fereres et al., 2011), y la aridificación del clima proyectada para el suroeste de Europa como consecuencia del calentamiento global (Resco et al., 2016). Por si esto fuera poco, el manejo del riego en la viticultura condiciona la fertilización nitrogenada y viceversa.

Para responder al desafío de gestionar eficazmente el riego de la vid se deberá aumentar la eficiencia en el uso del agua (EUA). Sin embargo, en viticultura, el aumento de la EUA dista de ser trivial debido a la notable diversidad que presentan los viñedos españoles en términos genotípicos y agroecológicos. Es por lo tanto fundamental explorar las diferentes vías de mejora de la EUA (Medrano et al., 2015). Además, la EUA está fuertemente asociada con la eficiencia en el uso del nitrógeno (EUN) (Quemada y Gabriel, 2016), por lo que una no puede ser modificada sin afectar a la otra. Para hacer frente a estas dificultades se han desarrollado importantes investigaciones durante los últimos años, revisadas en parte por Mirás-Avalos e Intrigliolo (2017). No obstante, la interpretación de estas investigaciones para tomar decisiones lo más acertadas posible en cada lugar dependiendo de sus condicionantes agroecológicos y objetivos enológicos es compleja.

Para apoyar a viticultores y técnicos vitícolas en la toma de decisiones de manejo del viñedo es interesante disponer de sistemas de ayuda a la decisión (SAD) accesibles a través de internet. Los SAD utilizan las tecnologías de la información y la comunicación para relacionar datos de diferente origen, generando información concisa y adaptada que orienta al usuario acerca de las acciones más adecuadas que le permitan afrontar una situación dificultosa. Los SAD agrícolas, concretamente, relacionan las características genotípicas de cultivares, y portainjertos en su caso, con las características agroecológicas del territorio y las explotaciones. Como estas características agroecológicas cambian a través del paisaje, los SAD agrícolas suelen estar vinculados a información georreferenciada mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG). Para la agricultura española se han desarrollado diferentes SAD orientados a cultivos específicos o prácticas de manejo concretas. Sin embargo, para la viticultura hay todavía pocos, aunque destacados, ejemplos de SAD ejecutables *on-line*. En todo caso, no existe un SAD en internet para la elección del material vegetal vitícola, y el manejo de su riego y fertilización nitrogenada.

Para dar respuesta a los retos futuros que la viticultura en España enfrenta, se planteó el proyecto WANUGRAPE4.0 con los objetivos científico-técnicos de desarrollar un SAD accesible a través de internet que permita i) seleccionar el portainjerto más adecuado dados unos condicionantes agroecológicos y unos objetivos enológicos, y ii) programar el riego y la fertilización nitrogenada más adecuadas de acuerdo con ellos. En este trabajo se presenta

sucintamente el estado actual de desarrollo del proyecto, algunos de cuyos detalles se pueden encontrar en otras comunicaciones presentadas en el marco de las IV Jornadas de Grupo de Viticultura de la SECH.

MATERIAL Y MÉTODOS

El proyecto WANUGRAPE4.0 es un proyecto de la Convocatoria de Pruebas de Concepto del MICIN aprobado para el bienio 2022-2023 en el que participan 7 entidades (CSIC, UIB, UPNA, IVIA, CITA, IMIDA y PTV) coordinándose a través de 2 subproyectos. Actualmente, el proyecto está avanzando mediante el desarrollo simultáneo de los paquetes de trabajo primero y segundo: modelización del balance de agua del viñedo; y metaanálisis de resultados previos sobre los efectos del riego, la fertilización nitrogenada y el portainjerto sobre la producción y la calidad de la uva; así como del cuarto: diseminación y capitalización de los resultados obtenidos, tanto científicos como técnicos. Una vez completados los dos primeros paquetes de trabajo, se continuará avanzando con el tercero: desarrollo del SAD y el portal web donde estará alojado y, en paralelo, el cuarto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la modelización del balance de agua diario de los viñedos se ha partido del algoritmo de Lebon et al. (2003) que se ha codificado en un libro de MS Excel®. Además, se han añadido ecuaciones empíricas para calcular el potencial hídrico de tallo al mediodía (Ψ_{tallo}) a partir de la fracción de agua del suelo fácilmente disponible (FTSW). Este modelo ha sido probado en varias condiciones obteniéndose estimaciones de Ψ_{tallo} aceptables. Por otra parte, el modelo se ha sometido a un análisis de sensibilidad y, a partir de ahora, se continuará la calibración y validación de sus predicciones con datos de ensayos ya finalizados, así como de otros ensayos en desarrollo dentro de este proyecto.

Para la realización del metaanálisis del efecto del riego de la vid se ha partido de una recopilación de datos de ensayos realizada en el marco de la RedVitis 2.0 ampliada con aún más datos. En total se han reunido 41 ensayos realizados entre 1996 y 2020 en una amplia variedad de condiciones agroecológicas y genotípicas características de la viticultura española. Esta recopilación incluye datos de Ψ_{tallo}, así como de producción, desarrollo vegetativo y calidad de uva. Se ha constatado el efecto del estrés hídrico sobre el rendimiento, el peso de madera de poda y la madurez tecnológica.

Para la realización del metaanálisis de la fertilización nitrogenada se ha realizado una recopilación de datos de 95 publicaciones científicas de alcance global. En total se dispone de 374 ensayos realizados entre 1981 y 2020 que incluyen datos de dosificación de fertilizantes nitrogenados inorgánicos y orgánicos, y de vías de aplicación, a saber: suelo, fertirrigación y foliar, así como de producción, concentración foliar de nitrógeno y calidad de uva. Se han logrado estimar las dosis de nitrógeno que maximizan la eficiencia de uso de nitrógeno de la vid dependiendo de la vía de aplicación del fertilizante.

Para la realización del metaanálisis del efecto del portainjerto en la vid se han recopilado datos de 48 ensayos realizados en España bajo diferentes condiciones edafoclimáticas. Se han visto los efectos del portainjerto y los parentales sobre la producción, el peso de poda y los sólidos solubles totales. Además, se ha realizado una primera selección de portainjertos adecuados para la viticultura española y se ha codificado una primera versión de la herramienta de selección de portainjertos que se incluirá en el SAD (Fig. 1).

El proyecto WANUGRAPE 4.0 continúa adelante para ofrecer al sector vitivinícola español una herramienta útil para hacer frente a los desafíos que le plantea este S. XXI.

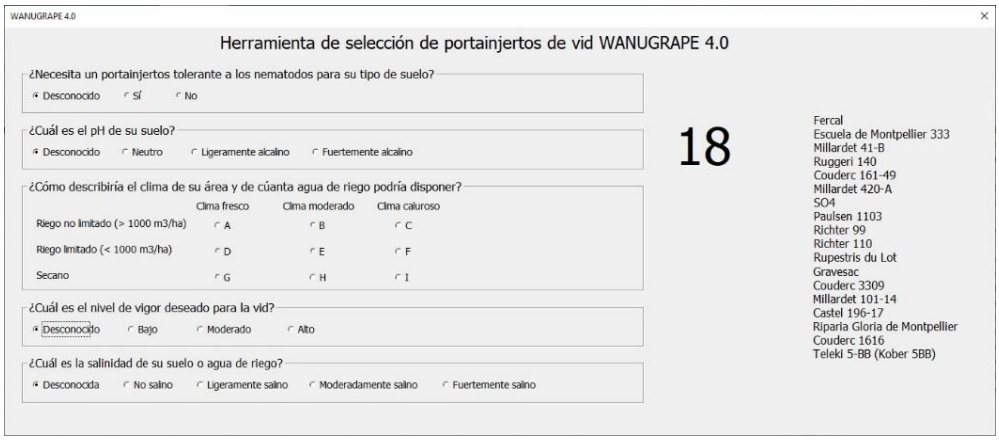


Fig. 1. Interfaz gráfica de usuario tentativa para la selección de portainjertos.

AGRADECIMIENTOS

Proyectos PDC2021-121210-C21 y PDC2021-121210-C22 financiados por MICIN/AEI 10.13039/501100011033 y por la Unión Europea Next Generation EU/ PRTR.

REFERENCIAS

Fereres, E., Orgaz, F., and Gonzalez-Dugo, V. 2011. Reflections on food security under water scarcity. J. Exp. Bot. 62:4079-4086.

Flexas, J., Galmés, J., Gallé, A., Gulías, J., Pou, A., Ribas-Carbo, M., Tomàs, M., and Medrano, H. 2010. Improving water use efficiency in grapevines: potential physiological targets for biotechnological improvement. Aust. J. Grape Wine Res. 16:106-121.

Lebon, E., Dumas, V., Pieri, P., and Schultz, H.R. 2003. Modelling the seasonal dynamics of the soil water balance of vineyards. Funct. Plant Biol. 30:699-710.

López-Urrea, R., Montoro, A., Mañas, F., López-Fuster, P., and Fereres, E. 2012. Evapotranspiration and crop coefficients from lysimeter measurements of mature 'Tempranillo' wine grapes. Agric. Water Manage. 112:13-20.

Medrano, H., Tomàs, M., Martorell, S., Escalona, J.M., Pou, A., Fuentes, S., Flexas, J., and Bota, J. 2015. Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions. A review. Agron. Sustain.Develop. 35:449-517.

Mirás-Avalos, J.M., and Intrigliolo, D.S. 2017. Grape composition under abiotic constrains: water stress and salinity. Front. Plant Sci. 8:851

Quemada, M., and Gabriel, J.L. 2016. Approaches for increasing nitrogen and water use efficiency simultaneously. Global Food Secur. 9:29-35.

Resco, P., Iglesias, A., Bardají, I. and Sotés, V. 2016. Exploring adaptation choices for grapevine regions in Spain. Reg. Environ. Change. 16:979-993

Influencia del tamaño de pixel en el terreno (GSD) en imágenes multiespectrales tomadas con dron sobre viñedos en espaldera

R. Vacas [1]*, S. Vélez[2], E. Barajas[1] y J.A. Rubio[1]

[1] Unidad de Cultivos Leñosos, Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL), Ctra. De Burgos km 119, 47071 Valladolid.

[2] Information Technology Group, *Wageningen University &* Research, 6708 PB Wageningen, Países Bajos.

*rvacas@itacyl.es

Resumen

Uno de los aspectos a tener en cuenta en la obtención de imágenes multiespectrales de alta resolución sobre el cultivo del viñedo mediante drones es la escalabilidad del sistema. La correcta decisión de un valor óptimo de tamaño de pixel en el terreno (GSD), definido como la distancia entre dos centros de pixeles consecutivos medidos sobre el terreno, en el diseño de los planes de vuelo, es crucial para llegar a un equilibrio entre el tiempo de vuelo y la resolución espacial. El valor de GSD se basa en la altura de vuelo y en los parámetros de la cámara. Además, en las imágenes multiespectrales el valor del pixel de cada banda corresponde a la reflectancia de la superficie que difiere en el caso del suelo o la vegetación y por tanto su valor podría verse influenciado por el tamaño del pixel en cultivos con una cobertura parcial como el viñedo. En este trabajo se realizaron varias misiones de vuelo a diferentes alturas empleando un sensor Micasense Altum con seis bandas de resolución espectral (R/G/B/NIR/Re/LWIR) en 104 áreas de interés de 21,6 m^2, sobre un viñedo en espaldera con el objetivo de comparar la influencia de distintos GSD en el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI). Los resultados observados determinan que la elección del GSD está condicionada por: i) el objetivo del vuelo, ii) la altura máxima legal permitida (120 m), iii) los problemas de alineación incorrecta entre bandas en vuelos a alturas inferiores a los 35 m. El valor óptimo de GSD permite obtener un número mínimo de pixeles puros de vegetación (PPV) que no se vean afectados por la contaminación de pixeles correspondientes a la cobertura del suelo, incrementando la eficiencia en la recolección de datos.

Palabras clave: Dron, GSD, multiespectral, resolución, pixeles puros.

INTRODUCCIÓN

El GSD representa el tamaño de un pixel en el terreno. Cuanto más grande es el valor de GSD menor será la resolución espacial de la imagen. Está relacionado con el tamaño del sensor, la resolución de la imagen, la distancia focal y la altura. Estos parámetros, junto a la velocidad de captura entre imágenes y la velocidad del vuelo, afectan de manera significativa en la configuración de misiones de vuelo eficientes en relación con el tiempo de vuelo y el número de imágenes realizadas con unos solapes óptimos.

Los sensores multiespectrales abordo de vehículos aéreos no tripulados (UAVs) son capaces de recoger información de la reflectancia espectral de manera no destructiva para

evaluar el estado de la vegetación en viñedos. Aunque el área que pueden cubrir es pequeña, en comparación con los satélites como el Sentinel-2: son capaces de ofrecer resoluciones de pocos cm (Ryu et al., 2020). No obstante, los valores del pixel de vegetación en cultivos espaciados como el viñedo se ven influenciados por el suelo (Vélez et al., 2020). Además, la estructura multilente (RIG) de determinados sensores provoca alineamientos erróneos entre bandas de la imagen (paralaje) afectando a imágenes tomadas a alturas inferiores a los 35 m. (Jhan et al., 2017).

En otros trabajos se ha comparado la relación existente entre las características espectrales de las imágenes obtenidas mediante sensores a bordo de UAV y satélites o entre estos y espectrómetros de campo.(Khaliq et al., 2019).

El objetivo de este estudio es analizar la influencia de la variación sobre el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), obtenido mediante una cámara multiespectral a bordo de un UAV a diferentes alturas (desde 15 m hasta 120 m) en una parcela de viñedo comparando las respuestas espectrales obtenidas en los pixeles correspondientes al canopy del viñedo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El viñedo experimental se localiza en una parcela perteneciente al ITACyL de 0,23 ha de regadío situada en la finca de Zamadueñas, Valladolid (coordenadas ETRS89 / UTM zona 30N: 41,702ºN, -4,7082ºW) a 695 m de altitud. Es un campo de pies madres compuesto por clones de las 8 variedades autóctonas más extendidas en Castilla y León (‘Albillo Mayor’, ‘Albillo Real’, ‘Verdejo’, ‘Garnacha’, ‘Juan García’, ‘Prieto Picudo’, ‘Tempranillo’ y ‘Mencía’) injertadas sobre 110 Ritcher, plantadas en 2003, con una distancia entre filas de 2,7 metros y una distancia entre cepas de 1,4 metros (2.645 plantas/ha). El sistema de conducción es en espaldera vertical, con orientación de las filas Norte-Sur, y un sistema de poda en cordón royat bilateral con 4 pulgares de 2 yemas en cada brazo.

Para la realización de este estudio se llevaron a cabo 13 vuelos automáticos en el 2022 día de año (DOY) 257, entre las 12:00 y las 14:30 hora solar empleando un UAV, DJI Matrice 300 con posicionamiento kinemático en tiempo real (RTK) equipado con una cámara multiespectral (Altum , Micasense, Inc., Seattle, WA, USA) que permite capturar imágenes georreferenciadas con precisión centimétrica de 2064 x 1544 (3,2 MP) de resolución e imágenes térmicas de 160 x 120, con las siguientes características de las bandas espectrales: roja (centro de longitud de onda: 680 nm; ancho de banda: 14 nm), verde (560 nm; 27 nm), azul (475 nm; 32 nm). Red Edge (717nm; 12nm), NIR (842 nm; 57 nm) y LWIR. (11 µm; 6µm). La altitud de vuelo fue configurada a 13 alturas diferentes sobre el nivel del suelo (AGL). El solape frontal se estableció en un 80% para todas las alturas. El solape lateral entre los 15 y los 40 m se estableció en 75 %, entre los 50 m y los 90 metros en un 85 % y para alturas entre los 100 m y los 120 m en 90%. La velocidad de vuelo se fijó en cada programación de vuelo para asegurar una velocidad de captura de imágenes adecuada, nunca inferior al segundo. Al inicio y posterior al vuelo se tomaron imágenes nadir del panel de reflectancia suministrado por el fabricante (Micasense, Inc.) para obtener los datos de reflectancia y realizar la calibración radiométrica previa a la generación, mediante software basado en SfM, de un total de 13 ortofotos de diferentes GSD medios que van desde los 0,67 cm/px a los 5,174 cm/px (Tabla 1). Un total de 6 puntos de control (GCPs) fueron georreferenciados mediante un GPS RTK Triumph-2 JAVAD para asegurar la precisión geométrica de las ortofotos.

Para comparar los valores medidos a diferentes escalas, en primer lugar, se calculó el

Índice de Vegetación Normalizada (NDVI), usando la ecuación NDVI = (NIR-R) / (NIR+R) y se segmentó la imagen en pixeles de vegetación y suelo utilizando un valor de 0,65 para su clasificación. Posteriormente, sobre los pixeles puros de vegetación (PPV) pertenecientes a cada región de interés (ROI) se calculó el valor promedio de NDVI utilizando la utilidad de estadísticas de zona de la librería de Abstracción de Datos Geoespaciales (GDAL). El ROI se estableció mediante la generación de una malla hexagonal que crea una capa vectorial cubriendo de manera eficiente la extensión del ensayo con un total de 104 ROIs de un tamaño de 21,66 m^2 (Fig. 1)

La evaluación de las relaciones entre los valores de NDVI medidos en diferentes escalas espaciales, se realizó mediante el método de análisis de correlación de Pearson. Para llevar a cabo el análisis de las imágenes y el análisis estadístico se emplearon el programa QGIS (versión 3.16.15) y el software R 4.1.2

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se muestran en la figura 2, en la que se observan correlaciones positivas muy altas: 0,92 – 0,99, para todos los valores de NDVI obtenidos a las diferentes alturas estudiadas, con un nivel de significación estadística de $p<0,001$ para todas ellas. Estos resultados sugieren que el NDVI, obtenido a partir de ortofotos con valores altos de GSD y una vez segmentados los PPV, no se ven afectados de manera significativa por el tamaño de los pixeles del terreno, permitiendo aumentar la relación entre superficie de vuelo y el tiempo de vuelo, reduciendo el número de imágenes necesarias para la misma superficie y disminuyendo el tiempo de procesamiento, además de la necesidad de almacenamiento. Para los vuelos realizados a alturas inferiores a los 35 m es necesario tener en cuenta los posibles efectos de paralaje que se puedan producir según las recomendaciones del fabricante. En futuros trabajos sería necesario estudiar la influencia en los valores de temperatura de la banda LWIR, ya que estas bandas poseen una menor resolución, que es remuestreada a las resoluciones del resto de bandas, siendo crucial la obtención de PPV que no se vean influenciados por la temperatura del terreno en el cálculo de índices de estrés hídrico como el CWSI.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias al soporte económico de la Junta de Castilla y León y al proyecto VarMinTec financiado con fondos FEADER.

REFERENCIAS

Jhan, J.P., Rau, J.Y., Haala, N.y Cramer, M. 2017. Investigation of Parallax issues for Multi-Lens Multiespectral Camera Band Co-Registration I. Int. Arch. Photogram. Remote Sens. Spatial Inf. Sci. XLII-2/W6, 157–163. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W6-157-2017.

Khaliq, A., Comba, L., Biglia, A., Ricauda Aimonino, D., Chiaberge, M. y Gay, P. 2019. Comparison of Satellite and UAV-Based Multispectral Imagery for Vineyard Variability Assessment. Remote Sensing 11, 436. https://doi.org/10.3390/rs11040436.

Ryu, J.-H., Na, S.-I. y Cho, J. 2020. Inter-Comparison of Normalized Difference Vegetation Index Measured from Different Footprint Sizes in Cropland. Remote Sensing 12, 2980.

https://doi.org/10.3390/rs12182980.

Vélez, S., Barajas, E., Rubio, J., Vacas, R. y Poblete-Echeverría, C. 2020. Effect of Missing Vines on Total Leaf Area Determined by NDVI Calculated from Sentinel Satellite Data: Progressive Vine Removal Experiments. Applied Sciences. https://doi.org/10.3390/app10103612.

Figuras

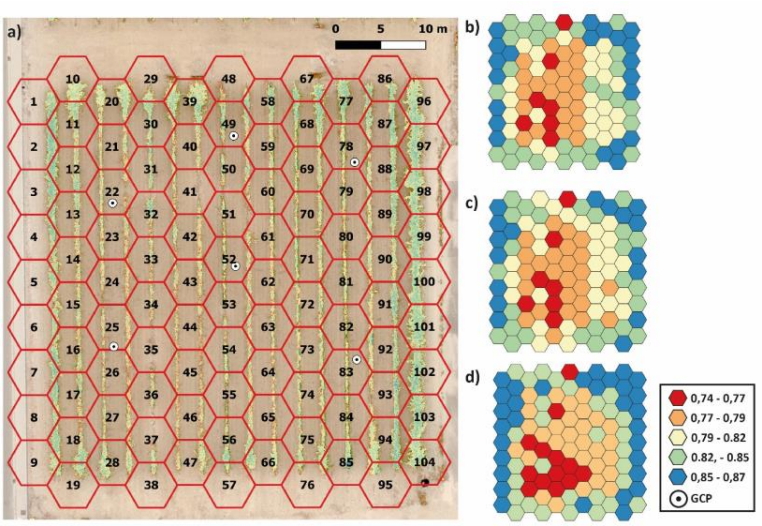


Fig. 1. a) Distribución de malla hexagonal (104 ROIs) sobre el ensayo con la vegetación segmentada y puntos de control sobre el terreno (GCP) b) NDVI_120. c) NDVI_60. d) NDVI_15.

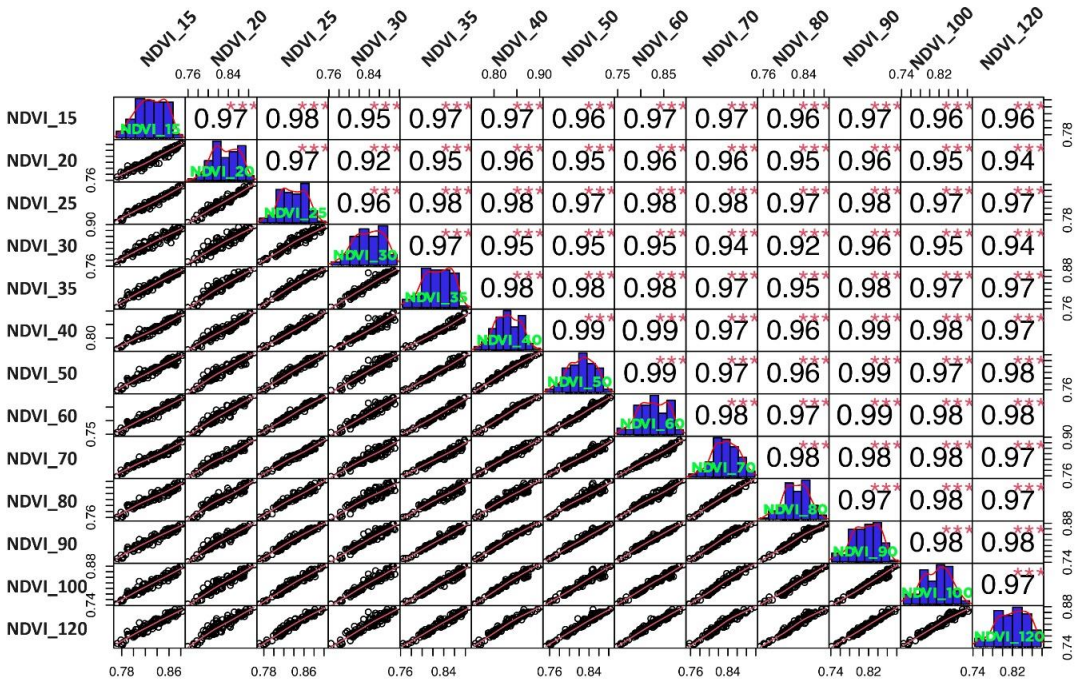


Fig. 2. Matriz de Correlación para las variables NDVI_15, NDVI_20, NDVI_25, NDVI_30, NDVI_35, NDVI_40, NDVI_45, NDVI_50, NDVI_60, NDVI_70, NDVI_80, NDVI_90, NDVI_100, NDVI_120, La distribución de cada variable es mostrada en la diagonal. En la parte inferior de la diagonal: se muestran los diagramas de dispersión bivariados con una línea ajustada. Por encima de la diagonal: el valor de la correlación además del nivel de significancia, ***: p<0,001; **: p<0,01; *: p<0,05.

COPPEREPLACE: Desarrollo de nuevas tecnologías para reducir la aplicación de cobre en los viñedos de la región SUDOE

E. Sánchez[1*], F. García-Ruíz[1], P. Ortega[1], E. Gil[1], A. Portella[2] y M. de la Fuente[2]

[1]Universitat Politècnica de Catalunya, Esteve Terradas, 8, 08860, Castelldefels, España.

[2]Asociación Plataforma Tecnológica del Vino. Musgo, 2 Bajo B, Edificio Europa II, 28023, Madrid, España.

**Autor/a: elena.sanchez.sanchez@upc.edu*

Resumen

El uso de cobre como producto fitosanitario es actualmente uno de los desafíos fundamentales para la viticultura europea, debido a su acumulación en el suelo y posible filtración a aguas subterráneas. El proyecto COPPEREPLACE (SOE4/P1/E1000) tiene como objetivo desarrollar nuevas soluciones integradas innovadoras para reducir el uso de cobre en la viticultura europea, protegiendo el medio ambiente, entre las que se encuentran i) la tecnología de microencapsulación de cobre y ii) el uso de aplicación variable en base a caracterización de la vegetación a partir de imágenes satélite. Por un lado, el uso de microcápsulas de cobre permitió una reducción en la dosis de cobre a aplicar debido a una mayor deposición de las microcápsulas de cobre frente a un producto de cobre convencional en *Vitis vinífera* (var. Petit Verdot). Por otro lado, la aplicación variable de productos en base de cobre) ha conseguido una reducción en el volumen de aplicación (16,7%) y de la cantidad de cobre aplicado (51,4%). Además, en ambos casos, no se han observado diferencias en la afectación de enfermedades respecto al tratamiento convencional.

Palabras clave: Cobre, Microencapsulación, Aplicación variable, Impacto medioambiental, Viticultura.

INTRODUCCIÓN

Los productos fitosanitarios a base de cobre se han utilizado ampliamente en la agricultura convencional y ecológica debido a la falta de alternativas eficientes para frenar la actividad de hongo *Plasmopara vitícola*, denominado comúnmente mildiu de la vid. Sin embargo, este amplio uso del cobre entre los agricultores europeos está provocando problemas ambientales relacionados con su acumulación en los suelos y la potencial lixiviación al medio acuático (Komárek et al., 2010; Ballabio et al., 2018).

Debido a esta contaminación ambiental, en 2018 la Unión Europea decidió seguir una estrategia de minimización del uso de cobre en agricultura ecológica, en la que se reguló una cantidad máxima de 28 kg de cobre por hectárea durante períodos de 7 años (Comisión Europea, EU 2018/1981 del 13 de Diciembre de 2018). Esta limitación, junto con la dependencia del uso

del cobre en el control del mildiu, sitúa a los viticultores en una gran desventaja, especialmente en la producción ecológica, donde el cobre es la solución disponible más importante contra el mildiu.

Por ello, y siguiendo las directrices de la Unión Europea, es importante buscar soluciones tecnológicas para afrontar la problemática medioambiental del uso de cobre en los viñedos europeos. Con esta finalidad surge el proyecto COPPEREPLACE, financiado por Interreg Sudoe, que trabaja desde noviembre de 2020 en la mitigación de la contaminación medioambiental por el uso del cobre. Dentro de este proyecto, el grupo de trabajo 3 desarrolla los siguientes objetivos específicos, que serán los que se mencionen en este artículo:

- Estudiar el efecto de la microencapsulación de cobre en la deposición en las hojas.
- Analizar los ahorros en volumen de aplicación y cantidad de cobre utilizado a partir de la aplicación variable (VRA) de fitosanitarios.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para el estudio de la microencapsulación sobre la deposición en las hojas se utilizó un nuevo producto microencapsulado de Cu^{2+} desarrollado por EURECAT (*European Patent Application* EP21382965.8) dentro del proyecto COPPEREPLACE. El objetivo es comparar la deposición de este producto microencapsulado (M100) en hojas de *Vitis vinífera* (var. Merlot) con la deposición de un producto de cobre convencional (C)(Ossirame, 50wp). La aplicación del producto se realizó con una mochila MATABI de 15 litros, 1,5 bares de presión, dos boquillas ATR y una velocidad de avance de 1 m/s, lo que aproximadamente significa un volumen de aplicación de 100 l/ha. Ambos productos contenían una concentración de cobre de 3,6 g/L Cu^{2+}. Antes de la aplicación se realizó un muestreo de hojas (blancos). Tras la aplicación, se recogieron 20 muestras de 5 hojas (de distintas posiciones y profundidades de la pared foliar). El Cu^{2+} depositado se midió mediante un espectrómetro de llama de absorción Atómica, tras la extracción de Cu^{2+} con 25 ml de HNO_3 0,05 N durante 5 min.

Para el uso de tecnología de aplicación variable en función de las zonas de vigor se seleccionaron dos parcelas de viñedo, localizadas en la D.O. Penedés. En una (2,0 ha) se realizó un tratamiento VRA donde la cantidad de cobre a aplicar se calculó a partir de la concentración aportada por el fabricante (0,3%). En la otra (4,2 ha), se realizó el tratamiento convencional aplicado por el agricultor, que consistía en una aplicación constante de 185 l/ha a una dosis de cobre expresada en cantidad por superficie (kg/ha). Durante primavera de 2022 se realizaron tres aplicaciones. Dos días antes de cada aplicación, se realizó un mapa del dosel basado en imágenes de satélite. Se calculó el Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI) y se delimitaron tres zonas de vigor en la parcela (baja, media y alta). Se midieron las características del dosel) en cada una de las zonas de vigor y se calculó la tasa de volumen recomendada mediante Dosaviña® DSS. Estas dosis de volumen por zona de vigor se utilizaron para generar los mapas de prescripción de dosis variable que se enviaron finalmente al controlador del pulverizador para realizar la aplicación (WAATIC, Estel Grup S.L., Barcelona, España). Con los resultados de volumen aplicados se calculó la reducción por hectárea del volumen de agua utilizado en cada aplicación y la reducción en la cantidad de cobre utilizada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La deposición de cobre en la hoja fue superior en el producto microencapsulado (M100, 1.08 μg/cm^2) que en el producto convencional (C, 0.84 μg/cm^2) (Fig. 1). Aunque no se observaron diferencias significativas entre ambos productos (p-value = 0.667), sí que se observa una desviación estándar tres veces menor de los datos en el producto microencapsulado en relación con la desviación estándar del producto convencional. Al haberse aplicado ambos productos bajo las mismas condiciones, la baja desviación estándar del producto microencapsulado podría deberse a la composición de las microcápsulas, ya que según Vinceković *et al*. (2016), la presencia de quitosano en el recubrimiento de la microcápsula facilita una mejor bioadhesión en las hojas. A su vez, es posible que el método analítico utilizado no haya sido capaz de romper la pared de la microcápsula, y que parte del cobre que forma parte de la pared no haya sido analizado, lo que situaría en aproximadamente un 20% más la cantidad de cobre depositado en la hoja.

Respecto a la actividad de aplicación variable, a partir de los mapas de vigor y la caracterización del dosel de vegetación, los volúmenes de aplicación se calcularon a través de la aplicación DOSAVIÑA (Tabla 1). En la primera aplicación, no se apreciaron distintas zonas de vigor en la imagen satélite, por lo que se realizó una aplicación a volumen constante (114 l/ha). El volumen de aplicación promedio de la parcela de VRA fue siempre menor al volumen de aplicación de la parcela de referencia, siendo muy marcado en la primera aplicación (reducción del 38%). Al calcular los gastos de volumen de agua en función de la superficie de la parcela, se observa cómo el uso de la aplicación variable ha reducido en un 16,7% el volumen total de agua gastado en las tres aplicaciones. El hecho de que muchos agricultores trabajen a volúmenes de aplicación superiores podría traer consigo reducciones mucho mayores al utilizar VRA. Mientras que en la parcela de convencional se utilizaron en los tres tratamientos una cantidad total de 3,15 kg de producto comercial de cobre en una hectárea, en la parcela de aplicación variable se utilizó un total de 1,53 kg de producto comercial de cobre, lo que supone una reducción de un 51,4% (Tabla 2). En ninguna de las parcelas se ha observado presencia de mildiu, a partir de los resultados de eficacia biológica recogidos. Cabe recalcar que este año la presencia de enfermedad ha sido muy baja, por lo que sería interesante la repetición de estos ensayos en otras condiciones climáticas.

Los datos obtenidos por COPPEREPLACE indican que tanto el uso de productos microencapsulados como el uso de VRA reduciría, en gran medida, la huella medioambiental de la producción de vino. En este sentido, estas actividades ayudarían a alcanzar el sistema alimentario sostenible que pretenden las nuevas políticas de la UE, como son el Pacto Verde y la estrategia “De la granja a la mesa”, que busca la reducción de un 50% en el uso de plaguicidas.

AGRADECIMIENTOS

La investigación presentada forma parte del proyecto COPPEREPLACE, que ha recibido financiación de FEDER (SOE4/P1/E1000) a través del programa INTERREG-

SUDOE.

REFERENCIAS

Ballabio, C., Panagos, P., Lugato, E., Huang, J-H., Origazzi, A., Jones, A., Fernández-Ugalde, O., Borrelli, P., Montanarella, L. 2018. Copper distribution in European topsoils: An assessment base don LUCAS soil survey. Sci Total Environ. 6636, 282-298.

Komárek M., Čadková, E., Chrastný, V., Bordas, F., Bollinger, J.C. 2010. Contamination of vineyard soils with fungicides: a review of environmental and toxicological aspects. Environ Int. 36(1), 138-151.

Vinceković, M., Jalšenjak, N., Topolovec-Pintaric, S., Edyta, D., Bujan, M., Jurić, S. 2016. Encapsulation of Biological and Chemical Agents for Plant Nutrition and Protection: Chitosan/Alginate Microcapsules Loaded with Copper Cations and Trichoderma viride. J Agri Food Chem. 64(43).

Tabla 1. Volúmenes de aplicación (l/ha) en la parcela convencional y en la parcela de VRA en función del vigor (bajo, medio, alto) y el promedio aplicado por hectárea.

	Convencional	VRA (l/ha)				Reducción
	(l/ha)	Vigor bajo	Vigor medio	Vigor alto	Promedio	(%)
1ª aplicación	185	114	114	114	114	38,3
2º aplicación	185	150	180	210	178	3,3
3º aplicación	185	130	170	210	169	8,6

Tabla 2. Dosis de cobre (kg/ha) utilizada en la parcela convencional como en la parcela de aplicación variable.

	Convencional	VRA			Reducción
	(Kg/ha)	Volumen (l)	(Kg)	(Kg/ha)	(%)
1ª aplicación	0,65	257,00	0,77	0,39	41,5
2º aplicación	1,00	401,00	1,20	0,60	40,0
3º aplicación	1,50	376,00	1,10	0,55	63,3

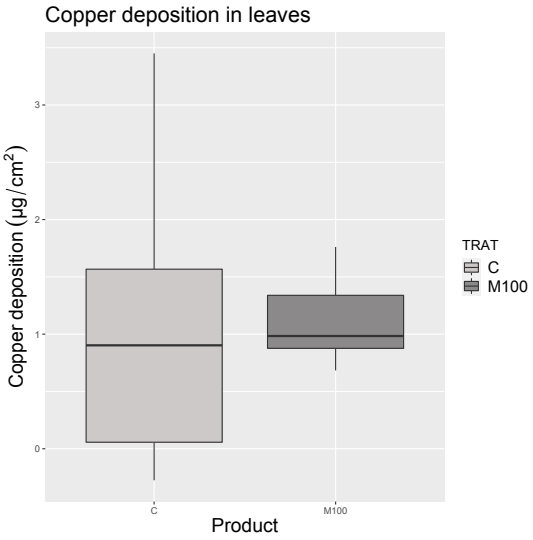


Fig. 1 Deposición de cobre (µg/cm^2) en hojas de *Vitis vinifera* de un producto convencional de cobre (C) y un producto microencapsulado de cobre (M100)

Estimación de LAI en un viñedo de la variedad ´Pedro Ximénez` mediante teledetección hiperespectral UAV

Francisco Javier Mesas-Carrascosa[1*], Pilar Ramírez[2], Jorge Torres-Sánchez[3], Juan Manuel León-Gutiérrez[2], Fernando Pérez-Porras[1], Francisca López-Granados[3]

[1] Dpto. Ingeniería Gráfica y Geomática. Universidad de Córdoba, Campus Rabanales, 14071-Córdoba
[2] Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), Centro de Cabra, Antigua Ctra. Cabra-Doña Mencía, Km. 2,5, 14940-Cabra, Córdoba
[3] Grupo imaPing, Instituto de Agricultura Sostenible-CSIC, Avda. Menéndez Pidal, s/n, 14004-Córdoba

**Autor para correspondencia: ig2mecaf@uco.es*

Resumen

El índice de área foliar (*Leaf Area Index*, LAI) es un parámetro muy utilizado en viñedo para determinar su potencial productivo por su relación con desarrollo vegetativo, fotosíntesis, evapotranspiración, interceptación de radiación y balance energético. Como parte de un proyecto más amplio sobre viticultura de precisión, se presenta una metodología para estimación de LAI en un viñedo de la variedad `Pedro Ximénez´ cultivado en ecológico mediante análisis de imágenes captadas por un sensor hiperespectral (resolución espectral: 270 longitudes de onda, rango: 400-1000 nm) instalado en un UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*). Los vuelos se realizaron en 2021 en diferentes estados fenológicos del cultivo: floración (mediados-mayo), parada de crecimiento vegetativo (finales-julio), y días antes de la cosecha (mediados-agosto). En julio, coincidiendo con el vuelo y en un conjunto de 80 cepas georreferenciadas, se tomaron nº de pámpanos, nº de nudos y nietos/pámpano, área foliar media, entre otros. Se presenta el análisis de las imágenes de mayo utilizando regresión parcial por mínimos cuadrados (*Partial Least Square Regression*, PLS-R) seleccionando aquellas bandas espectrales que mejor correlacionan con LAI para posteriormente determinar un modelo predictivo que alcanzó un R^2 de 0,78. Lo anterior muestra el potencial de esta tecnología para caracterización radiométrica hiperespectral del viñedo y la estimación de LAI.

Palabras clave: índice de área foliar, uva blanca, DOP Montilla-Moriles, índice espectral, longitudes de onda, modelo PLS-R

INTRODUCCIÓN

La determinación del área foliar del viñedo permite evaluar el potencial vegetativo y productivo ya que su distribución en cada cepa está relacionada con procesos como la fotosíntesis, la evapotranspiración o la interceptación de radiación debiendo existir un equilibrio entre desarrollo vegetativo y cosecha, lo que condiciona finalmente la cantidad y calidad del mosto producido (Kliewer & Dokoozlian, 2005). El índice de área foliar (*Leaf Area Index*, LAI) es el parámetro más utilizado para caracterizar el desarrollo foliar de la vid y se define como la relación entre la superficie de las hojas respecto a la superficie de suelo (m² hojas / m² suelo) (Champagnol, 1984). Existen métodos directos e indirectos para estimar LAI. Los directos (destructivos o no destructivos) se basan en determinaciones de campo que no suelen recoger toda la variabilidad espacial inherente al viñedo e implican un alto coste de recursos. Los indirectos incluyen modelos

empíricos que requieren calibración y protocolos específicos de muestreo (Lopes y Pinto, 2005), o los basados en técnicas de teledetección que consisten en el análisis de imágenes remotas y más recientemente las registradas por sensores embarcados en vehículos aéreos no tripulados (*Unmanned Aerial Vehicle*, UAV). Gao et al. (2022) utilizaron UAV y sensores multiespectrales para estimar LAI en la variedad `Pinot noir´ en 3 zonas climáticas diferentes de California y Matese et al. (2022) estudiaron diferentes parámetros enológicos y relacionados con el estado hídrico de la variedad `Barbera´ mediante imágenes-UAV con rango hiperespectral. Los trabajos anteriores se realizaron en uva tinta mientras que Torres-Sánchez et al. (2022) han logrado cartografiar la superficie foliar externa de cada cepa de la variedad de uva blanca `Pedro Ximénez´ mediante imágenes-UAV en rango RGB. Como continuación de este trabajo y teniendo en cuenta que Gao et al. (2022) concluyen que la estimación de LAI en cada vid está afectada por la variedad, el tipo de manejo y la presencia de vegetación (ej.: cubiertas vegetales), el objetivo de esta comunicación fue la caracterización radiométrica hiperespectral y la estimación de LAI de un viñedo `Pedro Ximénez´. Los sensores de rango hiperespectral generan la firma espectral de cada vid con la elevada resolución que requiere identificar qué rasgos espectrales son los más adecuados para predecir LAI. Según nuestra información no existe bibliografía al respecto.

MATERIAL Y MÉTODOS

Parcela de estudio y material vegetal, vuelos UAV y muestreos de campo

Este trabajo se ha desarrollado en un viñedo (*Vitis vinifera* L.) localizado en el IFAPA-Cabra-Córdoba (extensión de 0,5 ha) dentro de la Denominación de Origen Protegida Montilla-Moriles plantado en 2015 con la variedad 'Pedro Ximénez' injertada sobre portainjertos 140 Ru. El marco de plantación es de 2,5 metros entre calles y 1,2 metros entre cepas cultivadas en secano con orientación este-oeste y un sistema de poda en cordón doble con una carga de 16 yemas por cepa. El suelo es de tierra albariza y pobre en materia orgánica. Su textura franca le confiere un alto poder retentivo de la humedad. El manejo del cultivo se ha realizado siguiendo el Reglamento (CE) 2018/848 (DOCE) sobre producción y etiquetado de productos ecológicos. Los vuelos-UAV se realizaron en 2021 en 3 momentos diferentes del desarrollo del viñedo: floración (mediados de mayo), parada de crecimiento vegetativo (mediados de julio), y días antes de la cosecha (mediados de agosto). Para la generación de las firmas espectrales se utilizó un UAV DJI Matrice 600 Pro equipado con un sensor hiperespectral Nano-Hyperspec (Headwall Photonics, Inc., Bolton, USA) (resolución espectral: 270 longitudes de onda, rango: 400-1000 nm, Fig 1a) volando a una velocidad de 3.5 m/s a 50 m sobre el terreno y con un solape entre pasadas del 30%. Previo al vuelo, el sensor se calibró con un panel blanco de 0.5x0.5 m (SphereOptics GmbH, Herrsching am Ammersee, Alemania) (Fig. 1b) con objeto de determinar número de imágenes por segundo y exposición. Además, se instaló una manta de calibración de 3×3 m para obtener valores de reflectancia calibrados a partir de los de radiancia (Fig. 1c). Se utilizó el software Hyperspec III (Headwall Photonics, Inc., Bolton, USA) para la obtención de los hipercubos espectrales ortorrectificados con valores de reflectancia. Por otro lado, en julio, coincidiendo con el segundo de los vuelos y en un conjunto de 80 cepas georreferenciadas, se tomaron nº de pámpanos, nº de nudos y nietos/pámpano, área foliar media (Fig. 1d), entre otros, para su utilización como datos verdad-terreno y estimación de LAI así como para determinar posteriormente su relación con cosecha. Para el análisis de los datos, del total de bandas espectrales no todas tienen porqué estar relacionadas con LAI, siendo necesario determinar aquellas que realmente permiten estimarlo a través de un modelo estadístico. En este contexto, una estrategia posible consiste en seleccionar las bandas a través de un filtrado, pudiendo emplear distintas alternativas. En este estudio se ha optado por usar PLS-R cuyo desarrollo consisten en: a) optimizar la PLS-R con todas las bandas

empleando validación cruzada, b) extraer los coeficientes de regresión (R^2) de los mejores modelos y, c) de forma iterativa, descartar aquellas bandas con valor bajo de R^2 en modo absoluto, construyendo un nuevo modelo en cada paso estando validado a través del error medio cuadrático (EMS) y validación cruzada, y finalizando el proceso en el momento que el descarte de una nueva banda hace empeorar el modelo al incrementar el EMS.

RESULTADOS

La Fig. 2a muestra la curva de reflectancia espectral de cada una de las cepas muestreadas en campo en mayo. El análisis PLS-R para seleccionar las bandas espectrales para predecir LAI alcanzó un total de 17 (marcadas en blanco sobre fondo rojo en la Fig. 2.a) de las que doce se encontraron entre las longitudes de onda 405.112 y 489.128 nm, región del azul. Este rango espectral coincide con el empleado por sensores de medida de LAI sobre el terreno, los cuales descartan mediante filtrado la radiación por encima de 490 nm. A partir de las bandas seleccionadas, el modelo multivariante generado permitió obtener un coeficiente de determinación igual a 0.78 y un error medio cuadrático de 0.03 en la estimación de LAI (Fig. 2.b). Los resultados han permitido una caracterización hiperespectral del viñedo de la variedad `Pedro Ximénez´. Asimismo, estos resultados son prometedores para una estimación de precisión de LAI ya que las correlaciones se han obtenido con imágenes de mayo mientras que las mediciones de campo se realizaron a mediados de julio. En resumen, la información generada muestra el potencial para predecir de forma temprana (mayo-floración) el LAI que van a presentar las cepas en la etapa de su máximo crecimiento vegetativo. Esta información es relevante para la programación digitalizada y de precisión de tareas en el viñedo (ej.: operaciones en verde) y/o estimación anticipada del potencial productivo por cepa. Estos resultados se complementarán con el análisis de las imágenes de julio y agosto adquiridas en 2021 y las de julio y agosto de 2022 al objeto de comprobar si se mantiene el mismo rango espectral seleccionado y, a partir de ello, generar un modelo predictivo con un número menor de variables independientes.

Agradecimientos

Trabajo financiado por proyectos TRANSVITI-IFAPA (Transferencia y Cooperación en Vitivinicultura Andaluza, PP.TRA.TRA2019.007, Programa Operativo FEDER-Andalucía 2014-2020) y PID2020-113229RB-C44 (MCIN/AEI/10.13039/501100011033).

Referencias

Champagnol, F. 1984. Eléments de Physiologie de la Vigne et de Viticulture Générale (ed. F. Champagnol, Montpellier). 351p.

Gao, R., Torres-Rua, A., Aboutalebi, M. et al. 2022. LAI estimation across California vineyards using sUAS multi-seasonal multi-spectral, thermal, and elevation information and machine learning. Irrig Sci., doi:10.1007/s00271-022-00776-0.

Kliewer, W.M. and Dokoozlian, N.K. 2005. Leaf area/crop weight ratios of grapevines: influence on fruit composition and wine quality. Am. J. Enol. Vitic. 56:170-181.

Lopes, C. and Pinto, P.A. 2005. Easy and accurate estimation of grapevine leaf area with simple mathematical models. Vitis 44:55–61.

Matese, A., Di Gennaro, S.F., Giorgia Orlandi, G., Gatti, M. and Poni, S. 2022. Assessing grapevine biophysical parameters from unmanned aerial vehicles hyperspectral imagery.

Front. Plant Sci., doi:10.3389/fpls.2022.898722.
Smart, R.E. and Robinson, M. 1991. Sunlight into wine: a handbook for winegrape canopy management. Ed. Ministry of Agriculture and Fisheries, New Zealand. 88p.
Torres-Sánchez, J., Ramírez-Pérez, P., León-Gutiérrez, J.M., Jiménez-Brenes, F.M. and López-Granados, F. 2022. Estimation of vineyard vegetative growth: analysis of 3D point cloud from unmanned aerial vehicle imagery. ITEA, 118:165-180.

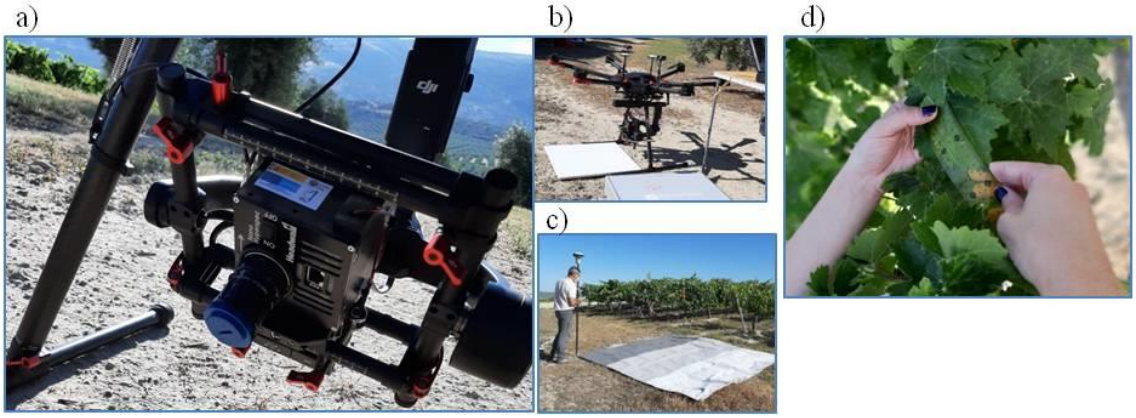


Fig. 1: a) detalle del sensor hiperespectral embarcado en el UAV, b) calibración del sensor con panel blanco calibrado, c) manta de calibración 3x3 m, d) medidas en campo

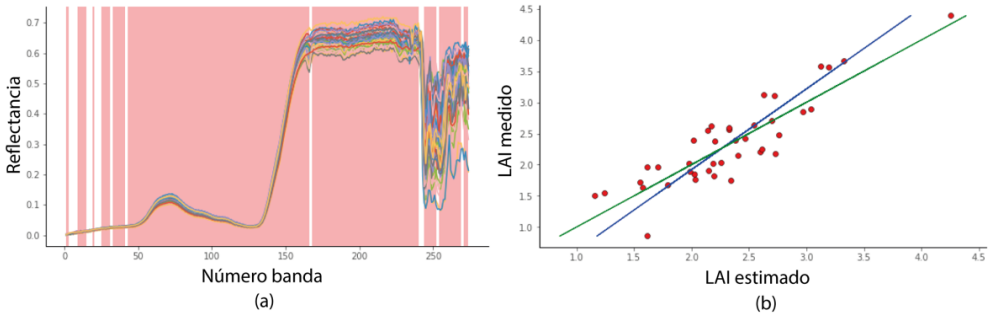


Fig. 2: a) bandas espectrales seleccionadas (fondo blanco) y, b) relación de LAI estimado a partir de bandas seleccionadas mediante PLS-R y medido en campo.

Evaluación de la nutrición foliar del viñedo mediante análisis foliares

Rodríguez-Febereiro, M[1*], Fandiño, M[1], González, X.P[2], Cancela, J.J [1]

[1]GI-1716 – Universidad de Santiago de Compostela, Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, Rúa Benigno Ledo s/n 27002 – Lugo – Spain.

[2] GI-2162 – Universidad de Santiago de Compostela, Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, Rúa Benigno Ledo s/n 27002 – Lugo – Spain.

**Marta Rodríguez-Febereiro: martarodriguez.fernandez@usc.es*

Resumen

El estado nutricional del cultivo de la vid, es un factor de especial relevancia a la hora de evaluar y comprender las carencias o desequilibrios que pueda presentar el viñedo, influyendo directamente en la producción y mostos obtenidos.
Actualmente, nos encontramos ante una Viticultura de Precisión (PV), en la que los viticultores demandan una información precisa y detallada del viñedo, que permita realizar mejoras y enmiendas adecuadas, mejorando el rendimiento y calidad del viñedo.
Es por ello, que el objetivo de este trabajo, se centra en la evaluación nutricional de un viñedo de la variedad Albariño, en fecha de envero, en las campañas 2018 a 2020, que permita evaluar los excesos y deficiencias nutricionales (macro y micronutrientes), así como establecer un diseño y estrategias recomendadas de fertilización, que permitan optimizar el estado nutricional del viñedo a futuro, así como evaluar su influencia en la composición cualitativa de los mostos.
Los resultados del trabajo, muestran la importancia de la realización de una zonificación nutricional del viñedo, que permite la práctica de una fertilización precisa y eficiente, así como la influencia de la nutrición vegetativa en la composición mineral de los mostos, en este caso, con unos valores de correlación superiores a 0.5 en los elementos: K, P y Mn.

Palabras clave: zonificación, *Vitis vinífera*, Elementos foliares, Vegetación, Fertilización.

INTRODUCCIÓN

La nutrición del viñedo es un factor de elevada importancia a la hora de evaluar la calidad de los mostos y vinos producidos por campaña (Lalbarra et al., 2004).

La actual tendencia de la viticultura está focalizada en una producción y manejo del viñedo, en el que la calidad, así como la producción, son factores que se evalúan a la par. Es necesario dar respuesta a una evaluación nutricional del viñedo, con la que el viticultor pueda gestionar con enmiendas los diferentes nutrientes, llegando a un equilibrio con el que las plantas puedan aportar una buena nutrición y composición mineral, y obtener unos vinos de elevada calidad (Hirzel, 2008).

La viticultura de precisión, basa su principal objetivo en el buen aporte de los insumos del viñedo. Si bien, la buena gestión de los nutrientes en las plantas, es uno de los factores en los que los viticultores necesitan ser eficientes y precisan de información actualizada en cada

campaña (Oller et al., 2018).

MATERIAL Y MÉTODOS

El viñedo a estudio se encuentra situado en Vilagarcía de Arousa (Pontevedra, Galicia) a 42 º 34’ 4,47’’ N, 8º 45’ 17,37’’ O, con una extensión aproximada de 8 ha, plantadas con la variedad Albariño.

En época de envero de la variedad (aprox. mes de agosto), en las tres campañas a estudio (2018, 2019 y 2020), se realizó la recogida de limbos (20 limbos por punto de muestreo) en torno a 32 puntos de muestreo aleatorios del viñedo. Las muestras se han analizado según el procedimiento expuesto por Cancela et al. (2018), para el contenido de los macro y micronutrientes principales de la vegetación del viñedo.

Tras la vendimia, se han seleccionado en los mismos puntos de muestreo del viñedo, muestras de uva (1 kg, 5-8 racimos) representativas de la producción, para posteriormente elaborar el mosto y analizar los elementos minerales principales mediante espectrofotometría de absorción atómica (Catalina et al., 2012).

Con los resultados obtenidos, se ha representado la evolución por campaña de los elementos foliares analizados, así como representado las correlaciones obtenidas en elementos foliares y mosto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de la evolución del estado nutricional foliar en la parcela, muestran la corrección paulatina de los elementos nutricionales a lo largo de las campañas, observándose una nutrición más inestable en la campaña 2018, que se va corrigiendo hasta llegar a valores más próximos a los recomendables en la campaña 2020 (Amerine y Winkler, 1944).

De forma detallada (Figura 1), se muestra que el contenido en Nitrógeno, aumenta con el curso de las campañas, registrando valores de (1,93, 1,90 y 2,08 % del 2018 al 2020 respectivamente), pero aún con valores por debajo de los recomendados (2,4 %). De la misma manera, el contenido en Potasio, presenta un valor de 1,01% en la campaña 2020, muy próximo a los valores recomendados (1,0 %). El contenido en Calcio, sigue encontrándose en cantidades consideradas como deficientes, y el Fósforo, ha aumentado al 0,19 %, alejándose del déficit de 0,1% considerado como problemático.

Las correlaciones de los elementos analizados en los limbos y mostos de la uva en vendimia, han presentado buenas relaciones entre la nutrición que se analiza en la vegetación, con la que posteriormente se obtiene en el mosto. En la Figura 2, se observa la relación entre los elementos en mosto y contenido en limbos para: Potasio, Fósforo y Manganeso, siempre con relaciones superiores a 0,5 (0,6, 0,5 y 0,7 respectivamente). La presencia en cantidades adecuadas para estos elementos en el mosto, es fundamental para poder obtener un buen rendimiento y calidad en la vendimia, ya que son nutrientes que afectan directamente al cuajado de la planta, ayudando a una buena maduración de la madera, que mejora la resistencia de la planta al invierno, mejorando su vigor y fertilidad de las yemas a través de un mejor cuajado de los frutos.

Autores como Concha (2018), también determinan la importancia en la calidad de los mostos según presencia de un buen nivel de estos elementos, desde la vegetación de las plantas,

hasta su presencia en el vino final a consumir.

CONCLUSIONES

El buen estado nutricional del viñedo, es un factor crucial para la calidad de los vinos a elaborar, ya que el buen manejo de la presencia de los elementos nutricionales en la vegetación del viñedo, están directamente relacionados con la composición mineral de los mostos que se elaboran en vendimia.

El análisis de la vegetación del viñedo, es un buen indicador de la nutrición, que nos permite realizar mejoras en cuanto a la fertilización que aportamos por campaña, y de esta forma corregir la nutrición a aportar en el viñedo en cada zona de la parcela, debido a la variabilidad espacial que nos encontramos habitualmente en los viñedos gallegos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en colaboración con la Bodega Mar de Frades – Zamora Company, en el marco del Proyecto ALBASOUL-17 "ESTRATEGIAS BIOTECNOLÓGICAS PARA OPTIMIZAR EL MANEJO DEL VARIETAL ALBARIÑO EN LA ELABORACIÓN DE VINOS TRANQUILOS Y ESPUMOSOS EN LA D.O. RIAS BAIXAS" Vinesalt, financiado por el programa (Programa PID-CDTI) del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad".

REFERENCIAS

Amerine, M.A., Winkler, A.J. 1944. Composition and quality of must and wines of California grapes. Hilgardia 15, 493-675.

Cancela, J.J., Fandiño, M., González, X.P., Rey, B.J., Mirás-Avalos, J.M. 2018. Seasonal variation of macro and micronutrients in blades and petioles of *Vitis vinifera* L. cv. Mencía and Sousón. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 181(4), 498-515.

Catalina, A., Matei, P.M., González, R., González, M.R., Martín, P. 2012. Correlaciones entre parámetros de composición de la uva y niveles peciolares de nutrientes. Vida Rural, 342, 30-34.

Concha Parkes, J.A.D.L.A. 2018. Mineralogía y parámetros fisicoquímicos del suelo de cultivo de la cepa Malbec en viñedo Cavas del Valle, Provincia del Elqui (Doctoral dissertation, Universidad Andrés Bello).

Lalbarra, I.R., Rueda, I.M., Íñigo, I.L., Oliveras, C.G., Rubio, M.T. V., Llaría, D.L., Domínguez, E. G. E. 2004. Diagnóstico nutricional de *Vitis vinifera* L cv Tempranillo en la DOC Rioja: Niveles Críticos Preliminares. Zubía, (16), 41-57.

Hirzel, C. 2008. Diagnóstico nutricional y principios de fertilización en frutales y vides. Coleccion Libros INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Oller, P.R.O., Higueras, E.F., Marquez, L.E. 2018. Diagnóstico de fertilidad de suelos y técnicas de fertilización en viñedos comerciales del valle central de Tarija. Agrociencias, 3(5), 7-17.

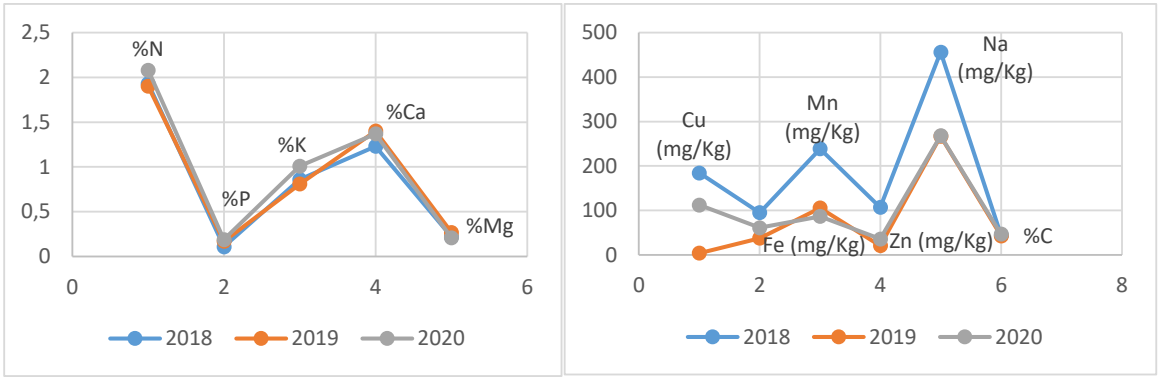
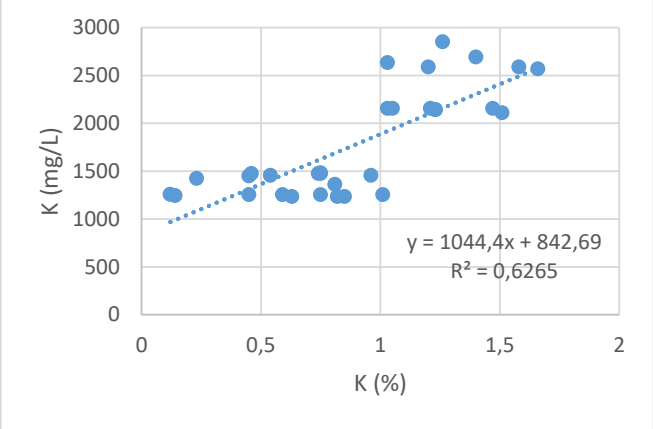
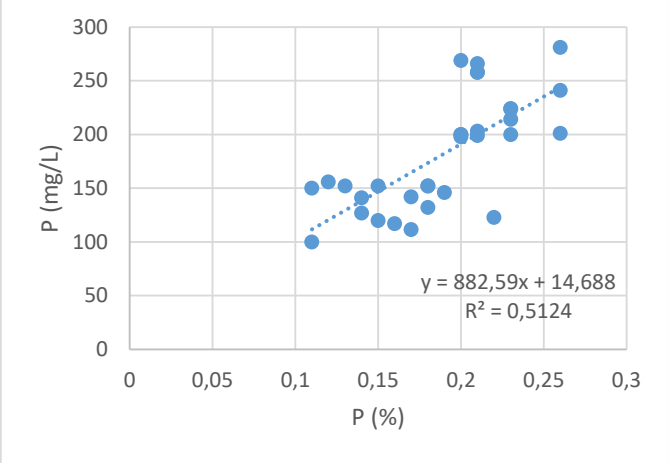


Fig. 1. Evolución del estado nutricional (macro y micronutrientes) foliares de la parcela en estudio (campañas 2018, 2019 y 2020)

a)


3000
2500
2000
1500
1000
500
0
K (mg/L)
0
0,5
1
1,5
2
K (%)
y = 1044,4x + 842,69
R² = 0,6265

b)


300
250
200
150
100
50
0
P (mg/L)
0
0,05
0,1
0,15
0,2
0,25
0,3
P (%)
y = 882,59x + 14,688
R² = 0,5124

c)

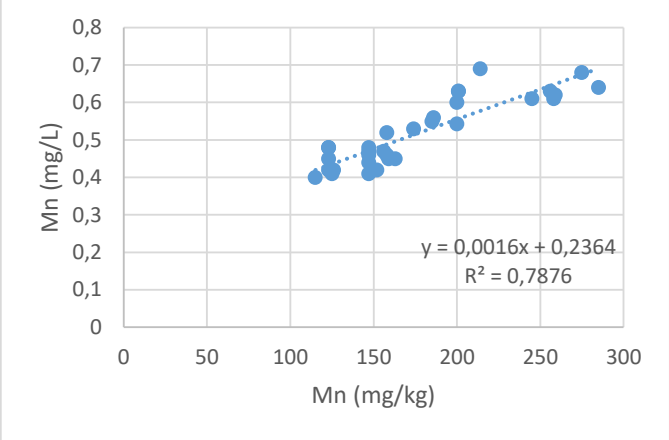


Fig. 2. Correlaciones de los análisis foliares nutricionales frente a los elementos analizados en mosto (promedio de las tres campañas a estudio) a) K, b) P y c) Mn

Estimación de cosecha en viñedo cv ´Pedro Ximénez` mediante teledetección con UAV: resultados preliminares

Jorge Torres-Sánchez[1], Pilar Ramírez-Pérez[2], Francisco Javier Mesas-Carrascosa[3], Juan Manuel León-Gutiérrez[2], Fernando Pérez-Porras[3], Francisca López-Granados[1]

[1] Grupo imaPing, Instituto de Agricultura Sostenible-CSIC, Avda. Menéndez Pidal, s/n, 14004, Córdoba.
[2] Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), Centro de Cabra, Antigua Ctra. Cabra-Doña Mencía, Km. 2,5, 14940, Cabra, Córdoba.
[3] Universidad de Córdoba, Departamento de Ingeniería Gráfica y Geomática.
*Autor para correspondencia: jtorres@ias.csic.es

Resumen
Los métodos tradicionales de estimación de cosecha en viñedo se basan en muestreos manuales que exigen elevados recursos humanos y de tiempo, lo que dificulta el conocimiento y manejo de su variabilidad espacial. Se han producido avances en la estimación de la cosecha en viñedo mediante imágenes adquiridas con vehículo terrestre circulando sobre el terreno, pero este tipo de plataformas puede provocar compactación del suelo y presentar problemas en terrenos inclinados o de difícil acceso. El análisis de imágenes y modelos tridimensionales (3D) generados con vehículo aéreo no tripulado (UAV por sus siglas en inglés) ha demostrado resultados satisfactorios en la detección de racimos en variedades de uva tinta. Sin embargo, la detección de racimos mediante teledetección aérea en variedades de uva blanca es más compleja debido a la similitud espectral que presentan racimos y hojas. Por estas razones, el objetivo de esta investigación fue desarrollar un flujo de trabajo para estimar la cosecha en un viñedo de uva blanca utilizando teledetección con UAV. Para ello, en 2021 se tomaron imágenes-UAV sobre un viñedo con cv ´Pedro Ximénez` localizado en el IFAPA-Cabra (Córdoba) en diferentes momentos fenológicos: floración (mediados-mayo), parada de crecimiento vegetativo (finales-julio), y días antes de la cosecha (mediados-agosto). Se utilizaron un sensor multiespectral y una cámara convencional (RGB), lo que permitió calcular índices espectrales y generar modelos 3D de las vides. El producto del índice espectral *CIg* por la *altura* de cada cepa mostró una correlación positiva y significativa con su producción (kg). El valor del coeficiente de correlación entre ambas variables se incrementó según las fechas de vuelo, siendo 0.57 en floración, 0.61 en parada de crecimiento vegetativo, y 0.81 días antes de vendimiar. Estos resultados muestran que hay potencial para predecir la cosecha utilizando teledetección con UAV en variedades de uva blanca.

Palabras clave: multiespectral, RGB, índice espectral, uva blanca, modelo tridimensional.

INTRODUCCIÓN

La predicción de cosecha es crucial para la gestión de la vendimia y la programación de las operaciones logísticas vitivinícolas. Los métodos tradicionales de estimación de cosecha se basan en determinaciones en campo que exigen elevados recursos humanos y de tiempo, lo que dificulta el conocimiento y manejo de su variabilidad espacial. Se han producido avances en la estimación automatizada de la cosecha en viñedo mediante imágenes adquiridas con vehículo terrestre circulando sobre el terreno (Victorino et al., 2022; Zabawa et al., 2020). Sin embargo, este tipo de plataformas puede provocar compactación del suelo y presentar problemas en

terrenos inclinados o de difícil acceso. El análisis de imágenes y modelos 3D generados con vehículo aéreo no tripulado (UAV por sus siglas en inglés) ha dado buenos resultados en la detección de racimos en variedades de uva tinta para progresar en la predicción de cosecha (Di Gennaro et al., 2019; Torres-Sánchez et al., 2021). Sin embargo, la detección de racimos mediante teledetección aérea en variedades de uva blanca es más compleja debido a la similitud espectral de los racimos y las hojas.

Por estas razones, nuestro objetivo fue el desarrollo de un flujo de trabajo para la estimación de cosecha en un viñedo de uva blanca a través de teledetección con UAV en diferentes momentos fenológicos. Debido a que trabajos previos con análisis de imágenes-UAV (Bonilla et al., 2015; Rey-Caramés et al., 2015) no alcanzaron correlaciones significativas entre producción e índices espectrales, una de las herramientas más utilizadas en teledetección, se estudió combinar la información espectral con modelos 3D del cultivo. Para ello se utilizaron un sensor multiespectral y una cámara convencional, lo que permitió calcular índices espectrales y generar modelos 3D de las cepas así como determinar el momento idóneo para la predicción de cosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

Parcela de estudio, material vegetal y vuelos UAV

El trabajo se desarrolló en un viñedo situado en la finca experimental del IFAPA de Cabra (Córdoba), con una superficie de 0.4 ha, plantado en 2013 con un marco de 2,5 × 1,2 metros y cv 'Pedro Ximénez' sobre el portainjerto 140 Ru en hileras orientadas de Este a Oeste y conducidas en cordón doble con una carga de 16 yemas por cepa. El suelo es de tierra albariza, pobre en materia orgánica y textura franca. El manejo del cultivo se realizó siguiendo el Reglamento (UE) Nº 2018/848 sobre producción y etiquetado de productos ecológicos. Los vuelos-UAV se realizaron en 2021 en 3 momentos diferentes del desarrollo del viñedo: floración (mediados de mayo), parada de crecimiento vegetativo (mediados de julio), y días antes de la cosecha (mediados de agosto). Para la generación de índices espectrales se utilizó un UAV DJI Matrice 600 equipado con una cámara multiespectral Parrot Sequoia (bandas: verde-G, roja-R, borde rojo e infrarrojo cercano-NIR). Para la nube de puntos 3D, se utilizó una plataforma UAV DJI Mavic Pro 2 (DJI, Shenzen, China) equipada con una cámara RGB Hasselblad L1D-20c de 20 Megapíxels. En ambos casos se voló a 50 m de altura y se utilizó el software Agisoft Metashape Professional para la obtención de un ortomosaico multiespectral (Fig. 1a) y la nube de puntos 3D (Fig. 1b) para los vuelos multiespectral y RGB, respectivamente.

Metodología de análisis

Se marcaron y georreferenciaron 40 cepas distribuidas por toda la parcela en las que se pesó su producción en el momento de la cosecha. Para cada una de estas cepas se obtuvo su *altura* a partir de la nube de puntos 3D usando la metodología descrita en (López-Granados et al., 2020) así como el valor del índice de clorofila verde (*CIg*) (Gitelson et al., 2005) a partir del ortomosaico multiespectral mediante la siguiente fórmula:

$$CIg = \frac{NIR}{G} - 1$$

El coeficiente de correlación de Pearson (r) entre la cosecha y el producto del índice *CIg* por la *altura* se calculó mediante lenguaje de programación R (R Core Team, Viena, Austria).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las tres fechas analizadas se obtuvo una correlación significativa ($p<0,001$) entre la producción y la combinación de variables espectrales y tridimensionales. El coeficiente *r* alcanzó

su mayor valor en el mes de agosto (Fig. 2), llegando a 0,81, lo que indica una correlación robusta entre ambas variables. En el mes de julio (parada de crecimiento vegetativo), el valor de *r* fue de 0,61, alcanzando en floración (mayo) el valor mínimo, 0,57. Esta evolución de *r* parece indicar que el valor predictivo de las variables analizadas crece conforme se acerca el momento de la cosecha. Esto tiene una explicación agronómica ya que en momentos más lejanos a la cosecha (ej.: mayo) es mayor la incertidumbre sobre el futuro desarrollo vegetativo y productivo de las vides y la influencia que ello tendrá sobre la producción. Los valores de los coeficientes de correlación, así como su evolución temporal, están en consonancia con los obtenidos por (Ballesteros et al., 2020) en una parcela de viñedo con cv 'Bobal', en la que se estudió la relación entre la cosecha y el producto del índice NDVI por el área proyectada de la cepa.

En base a los resultados presentados, se observa que existe potencial para la predicción de cosecha mediante teledetección con UAV en viñedos de uva blanca, así como que la predicción puede ser más acertada si los vuelos se realizan en fechas próximas a la vendimia. Trabajos realizados durante 2022 pretenden confirmar la significación estadística de los resultados aquí mostrados mediante análisis adicionales en la misma y otras parcelas de viñedo.

Agradecimientos

Financiación de Proyectos TRANSVITI (Transferencia y Cooperación en Vitivinicultura Andaluza, PP.TRA.TRA2019.007, Programa Operativo FEDER-Andalucía 2014-2022) y PID2020-113229RB-C44 (MCIN/AEI/10.13039/501100011033).

Referencias

Ballesteros, R., Intrigliolo, D.S., Ortega, et al. 2020. Vineyard yield estimation by combining remote sensing, computer vision and artificial neural network techniques. Precis. Agric. 21:1242-1262

Bonilla, I., Toda, F.M. de, Martínez-Casasnovas, J.A., 2015. Vine vigor, yield and grape quality assessment by airborne remote sensing over three years: Analysis of unexpected relationships in cv. Tempranillo. Spanish J. Agricultural Res. 13:0903.

Di Gennaro, S.F., Toscano, P., Cinat, P., Berton, A., Matese, A., 2019. A low-cost and unsupervised image recognition methodology for yield estimation in a vineyard. Front. Plant Sci. 10:559.

Gitelson, A.A., Viña, A., Ciganda, V., Rundquist, D.C., Arkebauer, T.J., 2005. Remote estimation of canopy chlorophyll content in crops. Geophys Res Lett 32.

López-Granados, F., Torres-Sánchez, J., Jiménez-Brenes, et al. 2020. Monitoring vineyard canopy management operations using UAV-acquired photogrammetric point clouds. Remote Sens. 12, 2331.

Rey-Caramés, C., Diago, M.P., Martín, M.P., Lobo, A., Tardaguila, J., 2015. Using RPAS multi-spectral imagery to characterise vigour, leaf development, yield components and berry composition variability within a vineyard. Remote Sens. 7, 14458–14481.

Torres-Sánchez, J., Mesas-Carrascosa, F.J., Santesteban, L.-G. 2021. Grape cluster detection using UAV photogrammetric point clouds as a low-cost tool for yield forecasting in vineyards. Sensors 21, 3083.

Victorino, G., Poblete-Echeverría, C., Lopes, C.M., 2022. A multicultivar approach for grape bunch weight estimation using image analysis. Horticulturae 8, 233.

Zabawa, L., Kicherer, A., Klingbeil, L., Töpfer, R., Kuhlmann, H., Roscher, R., 2020. Counting of grapevine berries in images via semantic segmentation using convolutional neural networks. ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. 164, 73–83.

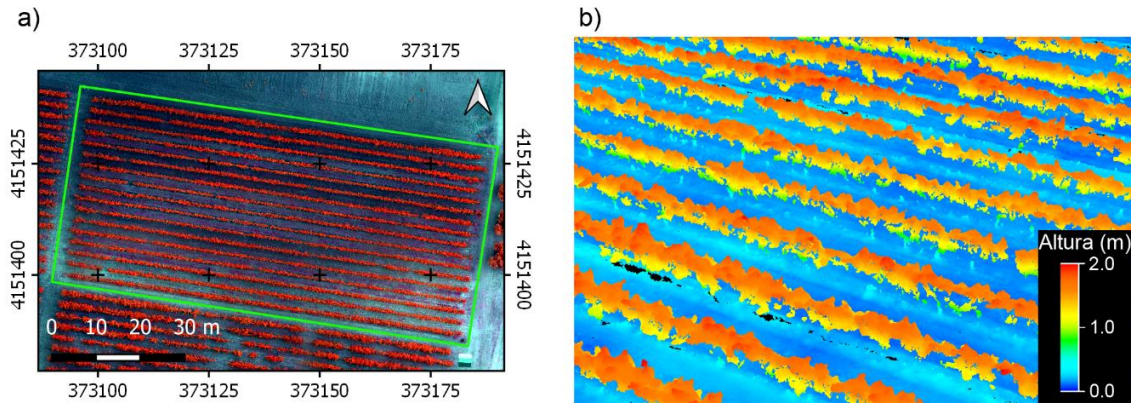


Fig. 1. Productos geomáticos generados a partir de los vuelos: a) ortomosaico en falso color (infrarrojo cercano, rojo, verde), sistema de referencia de coordenadas: WGS84 UTM huso 30N; b) detalle del modelo 3D del viñedo coloreado por alturas.

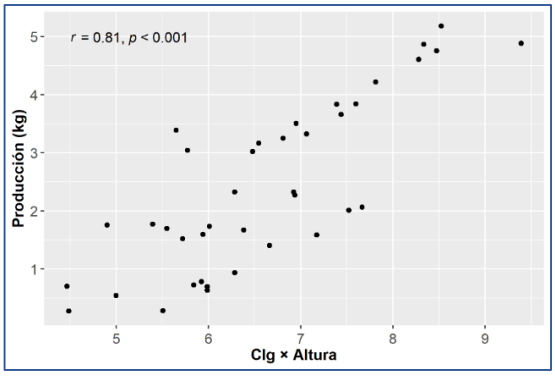


Fig. 2. Gráfico de dispersión mostrando la correlación entre la cosecha y el producto del índice *CIg* por la *altura* poco antes de la cosecha (agosto).

SESIÓN 5. El suelo del viñedo y su manejo

Manejo de malas hierbas bajo la línea del viñedo mediante acolchados orgánicos y su efecto sobre el vigor del cultivo

Carlos Cabrera-Pérez[1], Jordi Llorens[2,3], Àlex Ecolà[2], Aritz Royo-Esnal[1], Jordi Recasens[1*]

[1]Grupo de Malherbología y Ecología Vegetal, Departamento de Hortofruticultura, Botánica y Jardinería. [2]Contratado Predoctoral de la Universitat de Lleida.

[2]Grupo de Investigación en AgroTICa y Agricultura de Precisión, Departamento de Ingeniería Agroforestal. [3]Professor Serra Húnter, Universitat de Lleida.

[1,2] ETSEA, Universitat de Lleida, Agrotecnio-CERCA-Center. Av. Rovira Roure 191, Lleida, Cataluña, España

**Jordi Recasens: jordi.recasens@udl.cat*

Resumen

En una parcela de viñedo de Raimat (Lleida) cv. 'Chardonnay' se estudió, durante la campaña 2019, el efecto de cuatro estrategias de manejo de malas hierbas bajo las cepas: 1) laboreo con intercepas, 2) pases de segadora, 3) acolchado de cáscaras de almendra y 4) acolchado de astillas de pino. Además de la presencia de malas hierbas bajo la línea, se estimó, en nueve cepas distintas y para cada manejo, la longitud de los sarmientos, el potencial hídrico de tallo, el rendimiento y el peso de poda. A su vez, en el mes de julio y agosto se escaneó la parcela con un escáner láser móvil terrestre equipado con sensores LiDAR para la medición del dosel foliar como indicador de vigor. La presencia de malas hierbas fue significativamente menor en los acolchados que en los otros manejos coincidiendo también con diferencias significativas en los otros parámetros. Con acolchados las cepas mostraron mayores valores de longitud de sarmientos, rendimiento, peso de poda y mejor estado hídrico. El sistema basado en LiDAR confirmó estas diferencias a nivel de dosel foliar. Los resultados demuestran que el uso de acolchados orgánicos permite reducir la presencia de malas hierbas y favorecer el vigor de las cepas.

Palabras clave: cubierta inerte, suelo, tecnología LiDAR, vid, vigor.

INTRODUCCIÓN

El control de malas hierbas bajo la línea del viñedo constituye un especial reto dado que en esta zona es donde se dan los mayores procesos de competencia por agua y nutrientes. Su control en sistemas ecológicos se limita a recurrentes pases de intercepas, método que conlleva problemas de erosión del suelo, pérdida de estructura y reducción del contenido de materia orgánica, además de daños en cepas jóvenes e infraestructuras del viñedo (Guerra et al., 2000; Smith et al., 2008). A su vez, las labores del suelo incrementan la huella de carbono del sistema (Jradi et al., 2018). Una alternativa a este manejo la constituyen los acolchados orgánicos al prevenir no sólo la presencia de malas hierbas sino también minimizar las pérdidas de agua del

suelo y modificar el microclima de las cepas (Ferrara et al., 2012). En viñedos mediterráneos y en un escenario de cambio climático, resulta prioritario optimizar el uso de agua y el balance de nutrientes para favorecer la sostenibilidad de la producción vitivinícola (Quemada y Gabriel, 2016). Las eficacias de las prácticas de manejo del suelo suelen estimarse de manera directa sobre parámetros vegetativos de la vid (longitud de sarmientos, peso de poda, área foliar, etc.) pero conllevan un importante esfuerzo y tiempo. Desde hace unos años, el uso de escáner láser móvil terrestre equipado con sensores LiDAR permite obtener nubes de puntos tridimensionales del viñedo como medida indirecta de su vigor (Rosell-Polo et al., 2009; Llorens et al., 2011). En el presente trabajo se ha estimadoel efecto sobre el crecimiento vegetativo y rendimiento de las cepas de dos acolchados orgánicos (cascara de almendra y astillas de pino) instalados bajo la línea del viñedo frente al tradicional manejo de malas hierbas mediante segadora o intercepas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante la campaña 2019, se llevó a cabo un ensayo en un viñedo de Raimat (Lleida) cv. 'Chardonnay', de la empresa ALRASA AGRARIA S.L., en formación en espaldera con un marco de plantación de 1,5 m entre vides y de 3 m entre líneas y con riego por goteo. El manejo tradicional del suelo consiste en la siega de la vegetación espontánea, tres o cuatro veces durante la campaña, tanto bajo la línea de las cepas como en las calles. El diseño fue en bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones. Cada bloque consistía en ocho hileras, destinando cuatro de ellas a los distintos manejos: 1) laboreo con intercepas, 2) pases de segadora, 3) acolchado de cáscaras de almendra y 4) acolchado de astillas de pino. Se realizaron tres pases de intercepas en mayo, junio y julio y dos de segadora en junio y julio. Los acolchados se aplicaron al principio de la campaña y de manera mecánica dejando un grosor de 15 cm y una anchura de 60 cm bajo la línea de las vides. Las calles se sembraron con *Festuca arundinacea* y fueron segadas con picadora tres veces durante la campaña. La presencia de malas hierbas se estimó de manera periódica en nueve subparcelas de 3 m x 0,6 m en cada hilera. Los parámetros vegetativos y el rendimiento se obtuvieron de nueve cepas de cada hilera. La longitud de los sarmientos se midió de manera quincenal de mayo hasta la vendimia considerando la media de tres sarmientos distintos en cada cepa. El potencial hídrico de tallo (SWP) se obtuvo a mediodía y cada dos semanas, con una cámara de Scholander oscureciendo previamente las hojas con una bolsa de aluminio durante un mínimo de 45'. De las mismas nueve cepas se obtuvo el rendimiento en agosto y el peso de poda en noviembre. A su vez, en el mes de julio y agosto, se midió el desarrollo del dosel foliar mediante un escáner láser terrestre móvil equipado con sensores LiDAR Velodyne VLP-16 (Backpack mobile scanner BMS3D, Viametris, France). El sistema permite obtener una nube de puntos tridimensional de alta densidad de la zona escaneada. A partir de la nube de puntos 3D obtenida mediante algoritmos específicos desarrollados por Llorens et al. (2019), se calculó la sección transversal del dosel foliar perpendicular al eje longitudinal de las filas. Esta sección transversal se determinó cada 10 cm a lo largo de las filas como variable indicadora del desarrollo del cultivo. Los resultados fueron analizados mediante ANOVA seguida de una comparación de medias mediante el test Tukey ($p< 0,05$) con el programa JMP Pro 15.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ambos acolchados permitieron mantener la línea bajo las cepas libre de malas hierbas durante toda la campaña (Tabla 1), mientras que en los otros manejos su recubrimiento alcanzó, en agosto, valores del 23,3 % con tratamiento intercepas y de 48,3 % con segadora. La evolución de la longitud de los sarmientos fue significativamente distinta entre los acolchados y los manejos mecánicos a partir de principios de julio, alcanzando una diferencia promedio de 45 cm entre ambos pares de estrategias (Fig. 1), siendo de 125 cm en los acolchados y de 80 cm en los manejos mecánicos unos días antes de la vendimia. Por su parte, en cuanto al potencial hídrico en tallo (SWP) se diferenciaron dos grupos a lo largo de toda la campaña con unos valores, con tratamiento intercepas o segadora, siempre menores que con los acolchados de pino y almendra (Fig. 1).

Tabla 1. Porcentaje de recubrimiento de malas hierbas en función del tipo de manejo

	Recubrimiento de malas hierbas (%)				
	06/05/2019	12/06/2019	26/06/2019	18/07/2019	26/08/2019
Intercepa	7,1 ± 3,7 ab	7,2 ± 4,4 b	27,4 ± 3,8 b	19,2 ± 9,3 ab	23,3 ± 11,2 ab
Segadora	14,3 ± 4,8 a	64,1 ± 6,2 a	64,1 ± 6,2 a	36,6 ± 8,1 a	48,3 ± 9,8 a
Cáscara almendra	0,1 ± 0,1 b	0 ± 0 b	0 ± 0 c	0 ± 0 b	0 ± 0 b
Astillas pino	0,6 ± 0,4 b	0 ± 0 b	0 ± 0 c	0 ± 0 b	0 ± 0 b

Diferentes letras en una columna indican diferencias significativas entre tratamientos para p< 0,05.

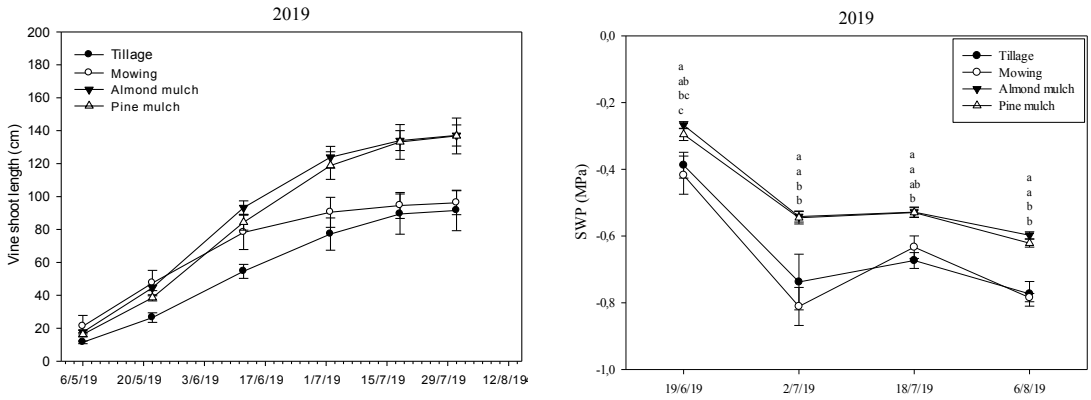


Fig. 1. Evolución de la longitud de los sarmientos (izquierda) y del potencial hídrico de tallo (SWP) (derecha) en función del tipo de manejo bajo la línea de las vides.

Tabla 2. Rendimiento, peso de poda y sección del dosel foliar de las vides en función del tipo de manejo bajo la línea.

	Rendimiento (kg/cepa)	Peso poda (kg/cepa)	Sección transversal media del dosel foliar de las filas (m^2)	
			03/07/2019	01/08/2019
Intercepa	2,86 ± 0,56 b	0,54 ± 0,03 b	0,307 ± 0,002 c	0,454 ± 0,003 c
Segadora	3,06 ± 0,30 ab	0,49 ± 0,06 b	0,286 ± 0,002 d	0,446 ± 0,003 c
Cáscaras almendra	3,78 ± 0,40 ab	0,90 ±0,06 a	0,326 ± 0,002 b	0,508 ± 0,003 b
Astillas pino	4,60 ± 0,51 a	0,97 ± 0,06 a	0,338 ± 0,002 a	0,524 ± 0,003 a

Diferentes letras en una columna indican diferencias significativas entre tratamientos para p< 0,05.

El rendimiento observado en las cepas con ambos acolchados fue mayor que el observado con intercepas o segadora (Tabla 2) pero con diferencias solo significativas entre el acolchado de pino y el intercepas. En cuanto al peso de poda, éste resultó significativamente mayor en ambos acolchados (> 0,90 kg/cepa) que en los manejos mecánicos (< 0,55 kg/cepa). Estos resultados coincidían con la estimación de la sección del dosel foliar mediante sensor LiDAR, donde los valores fueron significativamente mayores en ambos acolchados en ambas fechas de muestreo: julio y agosto (Tabla 2).

Los acolchados de astillas de pino y de cáscaras de almendra evitaron la presencia de malas hierbas constituyendo una herramienta, alternativa al intercepas o a la segadora, que favorece un ahorro de combustible al ser previsible su persistencia durante más de una campaña (Jradi et al., 2018). Estos acolchados mantuvieron las capas superficiales del suelo a menor temperatura reduciendo la evaporación y favoreciendo el sombreo (Ham et al., 1993) y, en consecuencia, permitiendo a las vides alcanzar un mejor estado hídrico. La menor competencia por parte de malas hierbas y el mejor estado hídrico del cultivo justifican los mayores valores de rendimiento y vigor observados (Fourie, 2011). Los resultados de dosel foliar obtenidos con el uso del escáner móvil terrestre con sensor LiDAR fueron consistentes con los obtenidos por métodos tradicionales, verificando el mayor vigor de las cepas con presencia de acolchados orgánicos.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo desarrollado con la financiación de la Agencia Española de Investigación (AEI) con los proyectos AGL2017-83325-C4-2-R y RTI2018-094222-B-I00.

REFERENCIAS

Ferrara, G., Fracchiolla, M., Al Cham, Z., Camposeo, S., Lasorella, C., Pacifico, A., Aly, A., Montemurro, P., 2012. Effects of mulching materials on soil and performance of cv. Nero di troia grapevines in the puglia region. Southeastern. Italy. Am. J. Enol. Vitic.63, 269–276

Fourie, J.C., 2010. Soil management in the Breede River Valley wine grape region, South Africa. 1. Cover crop performance and weed control. S. Afr. J. Enol. Vitic. 31:14-21.

Guerra, B., Steenwerth, K., 2012. Influence of floor management technique on grapevine growth, disease pressure, and juice and wine composition: a review. Am. J. Enol. Vitic. 63 (2), 149-164.

Ham, J.M., Kluitenberg, G.J., Lamont W.J., (1993) Optical properties of plastic mulches affect the field temperature regime. Journal of the American Society for Horticultural Science 118:188-193.

Jradi, S, Bouzdine, T, Bernard Delhomme, C., Jaegler, A., 2018. Tracking carbon footprint in French vineyards: A DEA performance assessment, Journal of Cleaner Production 192, 43-54.

Llorens, J., Gil, E., Llop, J., & Escolà, A., 2011. Ultrasonic and LIDAR Sensors for Electronic Canopy Characterization in Vineyards: Advances to Improve Pesticide Application Methods. Sensors, 11(2), pp. 2177–2194.

Llorens J., Cabrera C., Escolà, A. & Arnó, J., 2019. R Software Code to Process and Extract Information from 3D Lidar Point Clouds. Proceedings of the 12th European Conference on Precision Agriculture; SupAgro Montpellier, France. 526 p 114.

Quemada M., Gabriel J.L., 2016. Approaches for increasing nitrogen and water use efficiency simultaneously. Glob. Food Sec. 9, 29-35.

Rosell-Polo, J.R., Sanz, R., Llorens, J., Arnó, J., Escolà, A., Ribes-Dasi, M., Masip, J., Camp, F., Gràcia, F., Solanelles, F., Pallejà, T., Val, L., Planas, S., Gil, E., Palacín, 2009. A tractor-mounted scanning LIDAR for the non-destructive measurement of vegetative volume and surface area of tree-row plantations: A comparison with conventional destructive measurements. Biosystems Engineering, 102(2), pp. 128–134.

Smith, R., Bettiga, L., Cahn, M., Baumgartner, K., Jackson, L.E., Bensen, T., 2008. Vineyard floor management affects soil, plant nutrition, and grape yield and quality. Calif. Agric. 62, 184–190.

Efectos de las cubiertas vegetales sembradas sobre un viñedo cultivado en ecológico de la variedad Pedro Ximénez

P. Ramírez[1], J.M. Cabezas[2], F.C. Páez[1], J.M. León[1]

[1] Centro IFAPA "Cabra", Antigua Ctra. Cabra-Doña Mencía, Km. 2,5, 14940 Cabra, España.
[2] Centro IFAPA "Alameda del Obispo", Avda. Menéndez Pidal s/n, 14004 Córdoba, España.
Autora para correspondencia: mariap.ramirez.perez@juntadeandalucia.es

Resumen

El uso de cubiertas vegetales no está tan extendido en los viñedos como en otros cultivos leñosos, pero en los próximos años se espera que esta situación cambie, dado que es una técnica de cultivo muy fomentada por la política agraria europea.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos durante tres años en un viñedo de la variedad Pedro Ximénez cultivada en ecológico en el Sur de Córdoba. Se ha comparado la influencia en la producción, el vigor y la calidad de la uva de una cubierta vegetal sembrada frente al laboreo.

Las viñas con laboreo han presentado mayor desarrollo vegetativo y rendimiento que las que tuvieron cubierta vegetal sembrada. Si embargo, con esta última, la uva alcanzó contenidos en sólidos solubles más adecuados para la elaboración de vinos generosos que es el destino habitual de la variedad Pedro Ximénez en la zona de estudio.

Cuando existen limitaciones de agua y las temperaturas durante el ciclo vegetativo de la vid son especialmente elevadas, se debería extremar las precauciones en el uso de las cubiertas vegetales para no comprometer la rentabilidad del viñedo. No obstante, manejadas adecuadamente, en viñedos con pendiente para controlar la erosión, con exceso de vigor y/o en zonas amparadas por denominaciones de calidad que limitan la producción por hectárea o cuando el destino de la uva sea la elaboración de vinos que requieran una concentración en sólidos solubles más elevados, como es el caso de los vinos generosos de la DO Montilla-Moriles es una técnica muy a tener en cuenta.

Palabras clave: desarrollo vegetativo, laboreo, Montilla-Moriles, rendimiento, solidos solubles, vinos generosos

INTRODUCCIÓN

El uso de cubiertas vegetales en España no está tan extendido en los viñedos como en otros cultivos leñosos. Sin embargo, la cubierta vegetal espontánea es la técnica de mantenimiento más empleada en cítricos (30,7%), frutales de pepita (75,2%) y frutales de hueso (46,5%). En otros frutales (42,4%), viñedo (65,2%) y olivar (40,0%), el laboreo mínimo es la práctica más usual (MAPA, 2020).

Se espera que esta situación vaya cambiando en los próximos años debido a la importancia que se le da a esta técnica de cultivo en la nueva PAC 2023-2027. Las cubiertas vegetales espontáneas o sembradas en cultivos leñosos es una de las siete prácticas que se contemplan en el eco-régimen "Agricultura baja en carbono" que tiene el objetivo principal de mejorar la estructura de los suelos, reducir la erosión y la desertificación, aumentar el contenido en carbono de los mismos y reducir las emisiones (MAPA, 2022).

Los beneficios agronómicos y medioambientales de la utilización de cubiertas vegetales son bien conocidos (Ibáñez, 2015). No obstante, cuando las precipitaciones son escasas y las

temperaturas elevadas, como ocurre en la mayoría de las zonas vitícolas del sur de España, hay que tener especial cuidado en su manejo, porque pueden afectar de forma negativa al vigor y al rendimiento de la viña, efecto que se puede agudizar en cultivo ecológico, ya que su control se limita a medios mecánicos al no poder utilizar productos químicos de síntesis.

Por tanto, es necesario seguir profundizando en los efectos que los distintos manejos de suelo con cubiertas vegetales provocan en el comportamiento agronómico y enológico de la vid. En este contexto se planteó este trabajo para comparar la influencia en la producción, el vigor y la calidad de la uva de una cubierta vegetal sembrada frente al laboreo en (*Vitis vinífera* L.) Pedro Ximénez cultivada en ecológico en un clima mediterráneo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se ha llevado a cabo entre los años 2019 y 2021 en el viñedo experimental del IFAPA de Cabra (Córdoba). El material vegetal utilizado fue Pedro Ximénez sobre el portainjerto 140 Ru, plantado en 2014. El sistema de empalizamiento es en espaldera, el marco de plantación es de 2,5 × 1,2 metros, la poda es en cordón doble con una carga de 16 yemas por cepa y con orientación Este-Oeste. El manejo del cultivo ha sido en ecológico siguiendo el Reglamento (UE) Nº 2018/848 sobre producción y etiquetado de productos ecológicos. El régimen hídrico fue de secano. Las precipitaciones de los tres años estuvieron por debajo de la media de la zona (600 mm), con 548mm en 2019, 516 mm en 2020 y 439 mm en 2021.

El diseño del ensayo ha sido en bloques al azar con cuatro repeticiones. Cada parcela elemental consta de una fila de 75 cepas con el mismo tratamiento de manejo de suelo en las dos calles. Entre parcelas se mantiene una línea guarda de cepas. Los tratamientos aplicados han sido: L: Laboreo convencional; CVS: Cubierta vegetal sembrada temporal.

El laboreo se realizó en primavera y otoño mediante pase de cultivador. La cubierta vegetal estuvo compuesta por una combinación de ocho especies (Bromus parodii Covas & Itria, Lolium perenne L., Festuca rubra L., Bromus rubens L., Trifolium repens L., Centaurium erithraea Rafn, Anthemis arvensis L. y Papaver rhoeas L.), sembrada a una dosis de 250 kg/ha. Esta fue diseñada para proteger el suelo, nutrirlo e introducir biodiversidad, con especies herbáceas de carácter autóctono, tanto de origen cultivado, como silvestre y de bajo porte. En primavera se realizaron uno o dos desbrozados según el año para retirar la cubierta. La flora arvense de la línea de cepas se controló mediante laboreo con intercepas en invierno y desbrozadora de hilo en primavera en ambos tratamientos.

Tras la parada de crecimiento vegetativo, se midió la superficie foliar externa (SA) y la superficie foliar total (LAI). Desde envero se tomaron muestras de uva para realizar el control de maduración (León et al., 2022). Se realizaron dos controles de vendimia, uno cuando el tratamiento CVS alcanzó la concentración de sólidos solubles entre 23,8 y 25,3 ºBrix (14,0-15,0 % v/v de alcohol probable) y después otro para comprobar si L llegaba al nivel de concentración de CVS sin perder calidad.

En cada vendimia se realizaron las siguientes determinaciones: producción, número de racimos por cepa, peso de cien bayas, sólidos solubles, acidez total, pH, ácido tartárico ácido málico y ácido glucónico. Después de la caída de la hoja se pesó la madera de poda. A los datos obtenidos se les ha realizado un análisis de la varianza (ANOVA), para una fuente de variación (manejo de suelo).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tratamiento de laboreo presentó mayor desarrollo vegetativo de las plantas, con un mayor peso de madera de poda en los tres años evaluados, siendo en CVS entre un 27 y un 34%

menor que en L. Esto fue debido a un mayor peso y longitud de los sarmientos en el tratamiento L respecto a CVS. Parámetros como el SA, LAI o SA/LAI no presentaron diferencias significativas ningún año. Respecto a la relación SA/kg uva, se encontraron diferencias significativas, presentando L niveles inferiores a CVS, siendo más bajos de lo considerado como normal (0,8-1) en 2019 y 2020 (Tabla 1).

En las dos vendimias realizadas por año (Fig. 1), se han repetido claramente dos diferencias significativas, menor producción y mayor concentración de sólidos solubles en el tratamiento CVS. La reducción de la producción de CVS respecto a L ha oscilado entre el 40 y el 57%, mientras que el incremento de sólidos solubles se sitúa entre un 4,5% en 2021 a un máximo del 28% en la primera vendimia de 2020. En 2019 y 2020, la producción de L se pasaría del límite establecido en la DO Montilla-Moriles (13.714 kg/ha), sin llegar tampoco al nivel de sólidos solubles adecuado para la elaboración de vinos generosos. En 2021, aunque L fue más productivo que CVS, el rendimiento de ambos se vio muy mermado debido a una intensa ola de calor que tuvo lugar del 13 al 16 de agosto, lo que precipitó la vendimia por la deshidratación de las bayas y marcó la composición de la uva en los dos tratamientos. En este año solo se realizó una vendimia dado que el 17 de agosto los dos tratamientos ya sobrepasaban el grado de azúcar buscado.

Respecto a los componentes de la acidez y el pH, han sido pocas las diferencias. Los valores de pH han sido en general altos con tendencia a ser ligeramente superiores en CVS (solo de forma significativa en la segunda vendimia de 2020). El contenido en ácido málico fue significativamente menor en CVS en 2021 y en la primera vendimia de 2019. Los valores tan próximos a cero del contenido en ácido glucónico es indicativo de la buena sanidad de las uvas vendimiadas en ambos tratamientos.

Aunque el tratamiento de laboreo fue más productivo que la cubierta vegetal sembrada, con esta última la uva alcanzó contenidos en sólidos solubles más adecuados para la elaboración de vinos generosos que es el destino habitual de la variedad Pedro Ximénez en la zona de estudio. La cubierta vegetal disminuyó el vigor de las plantas, siendo el equilibrio vegetativo-productivo en general mejor en este tratamiento. No obstante, el manejo de las cubiertas vegetales en viñedos de zonas con limitaciones de agua y temperaturas durante el ciclo vegetativo de la vid especialmente elevadas se debe de realizar con máximo cuidado para no comprometer la rentabilidad de las explotaciones. Sin embargo, si se manejan adecuadamente, en viñedos con pendiente para controlar la erosión, con exceso de vigor y/o en zonas amparadas por denominaciones de calidad que limitan la producción o cuando el destino de la uva sea la elaboración de vinos que requieran una concentración en sólidos solubles más elevados, como es el caso de los vinos generosos de la DO Montilla-Moriles es una técnica muy a tener en cuenta.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido elaborado dentro del Proyecto de Transferencia y Cooperación en Vitivinicultura Andaluza (TRANSVITI) PP.TRA.TRA2019.007, del Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), cofinanciado al 80% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, dentro del Programa Operativo FEDER de Andalucía 2014-2020.

Referencias

Ibañez, S. 2015. Efectos de la cubierta en el viñedo. p. 31-49. En: Mantenimiento del suelo en el viñedo mediante cubiertas vegetales. Consejería de Agricultura, Ganadería y Medioambiente del Gobierno de La Rioja, Logroño.

MAPA, 2020. Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos. Resultados 2020. Subdirección General de Análisis, Coordinación y Estadística. Subsecretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. pp. 95-99.

MAPA, 2022. Plan Estratégico de la PAC de España 2023-2027. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Subdirección General de Planificación de Políticas Agrarias. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

León, J.M., Cabezas, J.M., Ramírez, P. 2022. Cómo influyen las cubiertas vegetales temporales en la maduración de la uva de la variedad Pedro Ximénez cultivada en ecológico. Actas de Hoticultura 91: 1-4.

Tabla 1. Parámetros de desarrollo vegetativo de los tratamientos L y CVS en los tres años de estudio.

	2019			2020			2021		
	L	**CVS**	**g.s.[1]**	**L**	**CVS**	**g.s.**	**L**	**CVS**	**g.s.**
Longitud del sarmiento (m)	1,06	0,84	*	0,93	0,89	n.s.	0,99	0,92	*
Número de sarmientos	17	20	*	16	18	*	18	16	*
Peso del sarmiento (g)	41,2	22,6	*	60,4	39,8	*	50,8	37,5	*
LAI	2,3	1,9	n.s.	2,4	2,2	n.s.	2,6	2,1	n.s.
SA	1,0	0,9	n.s.	1,0	1,0	n.s.	1,0	1,0	n.s.
SA/LAI	0,5	0,5	n.s.	0,4	0,5	n.s.	0,4	0,5	n.s.
SA/kg Uva 1ª vendimia	0,6	1,4	*	0,5	1,2	*	1,0	1,6	*
SA/kg Uva 2ª vendimia	0,8	1,4	*	0,5	1,4	*	-	-	-
Madera de poda (kg/cepa)	0,70	0,46	**	0,98	0,72	*	0,89	0,59	**

Tabla 2. Peso de 100 bayas y caracterización fisicoquímica de la 1ª vendimia de L y CVS.

	2019			2020			2021		
	L	**CVS**	**g.s.**	**L**	**CVS**	**g.s.**	**L**	**CVS**	**g.s.**
Fecha de vendimia	23/8/19	23/8/19		21/8/20	21/8/20		17/8/21	17/8/21	
Peso de 100 bayas (g)	248,1	222,5	**	222,1	190,8	*	207,4	197,7	n.s.
Alc. probable (% v/v)	11,89	14,42	*	10,61	14,11	*	16,33	17,14	***
pH	3,53	3,60	n.s.	3,64	3,84	n.s.	3,74	3,74	n.s.
Acidez total (g ac. tartárico/L)	4,29	4,03	n.s.	3,74	3,28	n.s.	4,70	4,48	n.s.
Ácido tartárico (g/L)	5,2	5,5	n.s.	5,8	5,9	n.s.	5,9	6,2	n.s.
Ácido málico (g/L)	1,2	0,7	**	0,8	0,7	n.s.	1,8	1,2	*
Ácido glucónico (g/L)	0,01	0,01	n.s.	0,01	0,02	n.s.	0,03	0,01	n.s.

Tabla 3. Peso de 100 bayas y caracterización fisicoquímica de la 2ª vendimia de L y CVS.

	2019			2020		
	L	**CVS**	**g.s.**	**L**	**CVS**	**g.s.**
Fecha de vendimia	3/9/19	3/9/19		27/8/20	27/8/20	
Peso de 100 bayas (g)	243,7	188,5	**	214,2	205,2	n.s.
Alc. probable (% v/v)	13,63	16,65	*	12,07	15,80	**
pH	3,57	3,69	n.s.	3,66	3,89	*
Acidez total (g ac. tartárico/L)	3,80	3,77	n.s.	3,53	3,24	n.s.
Ácido tartárico (g/L)	5,4	5,8	*	5,9	6,0	n.s.
Ácido málico (g/L)	0,9	0,7	n.s.	0,5	0,7	n.s.
Ácido glucónico (g/L)	0,01	0,01	n.s.	0,01	0,00	n.s.

[1] Cada dato corresponde a la media de los cuatro bloques. Dentro de cada fila, letras diferentes a continuación de las medias indican diferencias significativas a $P \leq 0,05$ según el test LSD. Grado de significación (g.s.) n.s.: no significativo; * significativo a $P \leq 0,05$; ** significativo a $P \leq 0,01$; *** significativo a $P \leq 0,001$.

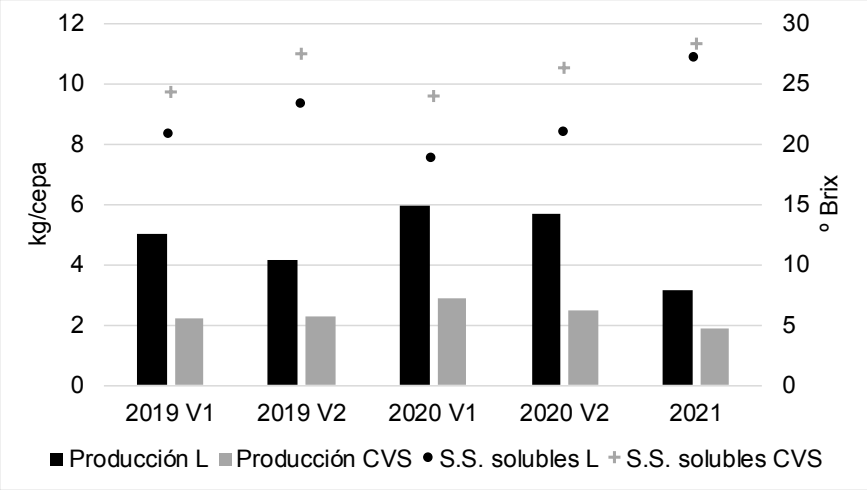


Fig. 1. Producciones y sólidos solubles de L y CVS en la primera y segunda vendimia en los tres años de estudio.

Cubierta vegetal de leguminosa autóctona "Zulla" sobre la variedad Syrah cultivada en ecológico. Influencia sobre la calidad de los vinos.

M.I. Fernández-Marín*, M.J. Jiménez-Hierro, E. Cantos-Villar, B. Puertas

IFAPA Centro Rancho de la Merced. Ctra. Cañada de la Loba (CA-3102) PK 3.1, 11471 Jerez de la Frontera.

*Autor/a: mariai.fernandez.marin@juntadeandalucia.es

Resumen

Una de las técnicas de cultivo más empleadas en la viticultura ecológica es el uso de cubiertas vegetales entre los liños de vid. Las cubiertas vegetales tienen múltiples funciones como reducir la erosión del suelo, aportar nutrientes y materia orgánica al suelo, activar la microbiota oxigenando el suelo, aumentar los enemigos naturales que controlan las plagas, entre otros. En este trabajo se ha estudiado la influencia de una cubierta vegetal de leguminosa autóctona denominada "Zulla" (*Hedysarum coronarium*) frente a un laboreo, en la producción y calidad de las uvas y vinos de la variedad Syrah cultivada en ecológico en el marco de Jerez durante las cosechas de 2020, 2021 y 2022.
Se establecieron tres ensayos, el primero estaba formado por liños que tenían cubierta vegetal a ambos lados (SY ZZ), el segundo estaba formado por liños que tenía cubierta vegetal a un lado y laboreo al otro lado (SY LZ) y el tercero estaba formado por liños que tenían laboreo a los dos lados (SY LL). Se han elaborado vinos tintos con la uva procedente de cada ensayo y se ha realizado un análisis de los parámetros enológicos clásicos de los vinos. En la campaña de 2020 sí se encontraron diferencias significativas en la producción de uva (inferior en la modalidad SY ZZ) y en la cantidad de sólidos solubles entre los ensayos (superior en la modalidad SY ZZ). En cuanto al análisis enológico de los vinos, se encontraron diferencias significativas en el grado alcohólico, siendo ligeramente superiores en los vinos SY ZZ en todas las campañas. Además, el empleo de la cubierta vegetal mejoró tanto el contenido de antocianos, de taninos y la intensidad colorante en los vinos de la campaña de 2022.

Palabras clave: viticultura ecológica, *Hedysarum coronarium*, Zulla, vino tinto, manejo sostenible

INTRODUCCIÓN

Es ampliamente conocido que, siempre que no existan factores limitantes (de tipo edafológico o hídrico, principalmente) que condicionen negativamente el desarrollo de la vid y siempre que el tipo de cubierta elegida, así como su gestión, sean adecuados a los objetivos pretendidos, la cubierta vegetal es el sistema de mantenimiento del suelo más aconsejable para el viñedo (Ibáñez *et al*., 2011).

El uso de cubiertas vegetales tiene un efecto positivo en el viñedo ya que incrementa el carbono orgánico del suelo, mejora la infiltración de agua y reduce la erosión y la emisión de gases efecto invernadero a la atmosfera. Además, incrementa la biodiversidad, tanto en el suelo como en el viñedo (Abad *et al*., 2021).

Las plantas utilizadas como cubierta vegetal en viña pertenecen principalmente a las familias de las gramíneas y las leguminosas. Las gramíneas aportan una materia orgánica más

estructurada y con más permanencia, mientras que las leguminosas contribuyen a la mejora del suelo a través de una materia orgánica de más rápida mineralización y con la posibilidad de fijar nitrógeno atmosférico. En ambas familias pueden emplearse especies anuales o plurianuales (Giralt *et al*., 2011).

En este trabajo se ha elegido una cubierta temporal de Zulla (*Hedysarum coronarium* L.) que se elimina cuando comienza la brotación de la viña (mediados de marzo). La Zulla es una leguminosa semiperenne, bianual, adaptada a inviernos suaves, aprovechada como planta forrajera o pratense en ambientes mediterráneos. Se encuentra de forma espontánea en la provincia de Cádiz. Está perfectamente adaptada a suelos arcillosos calcáreos, con unas necesidades hídricas entre 400 y 800 mm anuales (Córdoba *et al*., 2013).

En este estudio se analizan los efectos en la producción, en la calidad de la uva y en la de los vinos resultantes, del manejo de una cubierta vegetal temporal de leguminosa autóctona denominada Zulla frente a un laboreo convencional, sobre la variedad Syrah, cultivada en ecológico, en el marco de Jerez durante las cosechas de 2020, 2021 y 2022.

MATERIAL Y MÉTODOS

Características del ensayo y material vegetal

La variedad empleada ha sido Syrah, clon 747, injertada sobre 140-Ru y plantada en 2014. El sistema de conducción ha sido espaldera con cordón Royat bilateral. El viñedo a partir del cual se ha obtenido la uva se encuentra situado en una parcela de 0,5 ha, con marco de plantación 2,40 x 1,20 m, en el Centro IFAPA Rancho de la Merced, en Jerez de la Frontera (Cádiz). Se sembró Zulla el 25 de octubre de 2018 y no se ha vuelto a resembrar. En 2020 se retiró la Zulla el 5 de marzo, en 2021 el 3 de marzo y en 2022 el 31 de marzo.

El diseño experimental consta de 3 modalidades con 3 repeticiones realizadas en tres anualidades 2020, 2021 y 2022. Las modalidades fueron las siguientes:

Syrah L-L (SY LL): Laboreo en las dos calles de liño

Syrah L-Z (SY LZ): Laboreo en una calle del liño y Zulla en la otra

Syrah Z-Z (SY ZZ): Zulla en las dos calles de liño

Controles enológicos

1. Vinificación. Se vinificó cada repetición de cada modalidad por separado. Tras el despalillado y molturado de la uva se adicionaron 50 mg/L de anhídrido sulfuroso (SO_2) y 3 g/100 kg de enzimas (Color-plus, Sepsa-Enartis). Se realizó una maceración prefermentativa a 10 °C durante 24 horas y posteriormente se corrigió el pH, cuando fue necesario, con ácido tartárico para que el mosto tuviera un valor de pH de 3,6. Se adicionaron 25 g/hl de levaduras (Zymaflore 011 BIO, Laffort), previamente hidratadas. La temperatura de fermentación se controló a 24 °C. Al finalizar la fermentación alcohólica (FA) se descubó y se prensó la pasta. Se añadió 1 g/hl de bacterias lácticas (SILVER Oenococcus oeni, Sepsa-Enartis) para llevar a cabo la fermentación maloláctica (FML). Una vez terminada la FML se deslió, se corrigió el SO_2 hasta 30 ppm de SO_2 libre, y se estabilizó a 4 ºC durante dos meses.

2. Producción de uva y análisis químico-enológicos. Se calculó la producción de uva por cepa. En los mostos se determinaron: sólidos solubles, acidez total y pH. En los vinos se determinaron los siguientes parámetros: grado alcohólico, acidez total, pH, acidez volátil, azúcares reductores, índice de polifenoles totales, intensidad colorante, tonalidad, antocianos y taninos. Los análisis se realizaron siguiendo los métodos de análisis propuestos por la OIV (OIV,

2021).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se muestra en la Tabla 1, todos los años se vendimió en fechas similares, a partir de la segunda semana de agosto. Para la determinación de la fecha de vendimia se realizó, para cada modalidad, el control de la maduración tecnológica y fenólica (datos no mostrados). En cada una de las tres anualidades, las tres modalidades estudiadas (SY LL, SY LZ y SY ZZ) se vendimiaron en la misma fecha, ya que en los últimos controles de maduración apenas hubo diferencias en los índices de maduración, calculados como la relación entre los azucares totales y la acidez total, expresada en g/L de ácido de ácido tartárico.

La producción de uva en la anualidad 2020 fue muy inferior en la modalidad SY ZZ respecto a las modalidades SY LL y SY LZ, sin embargo, en 2021 y 2022 no hubo diferencias significativas entre modalidades. Posiblemente en 2020 la Zulla compitió mucho con la viña, siendo ésta además joven (5-6 años). Esta baja producción de uva puede estar relacionada con la mayor cantidad de sólidos solubles, que solo fue significativa en la cosecha de 2020. En 2021 y 2022, ya establecida la Zulla y otras hierbas adventicias que también crecieron, se restableció un equilibrio de manera que esa competencia por el agua y nutrientes apenas se observó.

En 2020 y 2021 no hubo diferencias entre modalidades ni en el pH ni en la acidez total. Sin embargo, en 2022 sí las hubo, siendo el pH menor y la acidez mayor en la modalidad SY ZZ, lo que implica menor cantidad de ácido tartárico en el momento de corregir la acidez.

En la Tabla 2 se muestran los parámetros de los vinos relacionados con la acidez y con el color. No hubo diferencias significativas ni en el pH ni en el ácido tartárico entre modalidades en ninguna de las tres cosechas, lo que era de esperar ya que cuando fue necesario se corrigió la acidez para llevar a los mostos a los mismos valores de pH (3.60). Sin embargo, sí las hubo en el ácido málico, siendo inferior siempre en la modalidad SY ZZ. En la vendimia de 2022 la modalidad SY ZZ destacó por mayor intensidad colorante, mayor concentración de antocianos, de taninos y del índice de polifenoles totales. En 2020 en la modalidad SY ZZ, solo se encontraron diferencias en la intensidad colorante, que fue superior. En 2021 no se observaron tendencias claras. En este tipo de estudios muchas veces tiene mayor impacto la añada que las prácticas agronómicas utilizadas (Valero et al., 2022).

En la Tabla 3 se muestran los parámetros de calidad analizados a los vinos (grado alcohólico, acidez total, pH, acidez volátil y azucares reductores). Los grados alcohólicos se corresponden con la cantidad de sólidos solubles de los mostos de partida. En el resto de los parámetros no se encontraron diferencias significativas entre modalidades en ninguna de las tres cosechas.

Se concluye, que las cubiertas de zulla en zonas de climas cálidos pueden mejorar la calidad de los vinos tintos (acidez natural, grado alcohólico y color), una vez estén en equilibrio con la viña.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados presentados han sido obtenidos en el marco del proyecto TRA.TRA2019.007 “Trasferencia y cooperación en vitivinicultura andaluza (TRANSVITI)” del Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), cofinanciado al 80% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, dentro del Programa Operativo FEDER de Andalucía 2014-2020.

REFERENCIAS

Abad, J., Hermoso de Mendoza, I., Marín, D., Orcaray, L., Santesteban, L.G. 2020. Cover crops in viticulture. A sistematic review, (I): Implications on soil characteristics and biodiversity in vineyard. OENO One, 295-312.

Córdoba, E. M., González-Verdejo C.I., Martínez, C., Nadal, S. 2013. SERVIFAPA Guías de cultivo. Serie leguminosas: zulla. IFAPA, Junta de Andalucía.

Giralt, L., Domingo C., Catalina, O., Rovira, R. 2011. La coberta vegetal com a técnica de maneig del sòl a la vinya. Proyecto REDBIO. http://www.ruralcat.net/migracio_resources.

Ibáñez, S., Pérez J.L., Peregrina, F., Chavarri, J.B., García-Escudero, E. 2011. Cubierta vegetal en viñedo: un sistema de mantenimiento del suelo sostenible capaz de mejorar el color de los vinos. Cuaderno de Campo, 47:30-35.

O.I.V. 2019. Recueil des méthodes internationales d´analyse des vins et des moûts. Paris. O.I.V.

Valero, E., Arranz, F., Moyá, B.J., Cruz, S., Puertas, B., Morales, M.L. 2022. Impact of Zulla cover crop in vineyard on the musts volatile profile of *Vitis vinífera* L. cv Syrah. Food Res. Int. 160: 111694.

Tablas

Tabla 1.- Producción de uva y parámetros analíticos de los mostos

	2020				2021				2022			
	SY LL	SY LZ	SY ZZ	L.S.	SY LL	SY LZ	SY ZZ	L.S.	SY LL	SY LZ	SY ZZ	L.S.
Fecha de vendimia	25-ago.				11-ago.				22-ago.			
Producción de uva (kg/cepa)	2,80^{a}	2,27^{a}	1,26^{b}	***	3,15	3,35	3,13	n.s.	2,52	2,54	2,29	n.s.
Sólidos solubles (°Baumé)	11,8^{c}	12,4^{b}	13,8^{a}	***	13,2^{b}	13,2^{b}	13,5^{a}	*	12,8^{b}	12,9^{b}	13,2^{a}	*
pH	3,88	3,89	3,91	n.s.	3,68	3,69	3,68	n.s.	3,73^{a}	3,65^{b}	3,59^{c}	***
Acidez total (g/L de TH2)	3,56	3,58	3,35	n.s.	4,43	4,02	4,02	n.s.	3,81^{b}	4,12^{a}	4,24^{a}	*

Dentro de cada fila, letras diferentes a continuación de las medias indican diferencias significativas de $P \leq 0,05$ según el test LSD. L.S.: nivel de significación; n.s.: no significativo; *: significativo a $P \leq 0,05$; **: significativo a $P \leq 0,01$. ***, significativo a $P \leq 0,001$.

.

Tabla 2.- Parámetros de los vinos relacionados con la acidez y con el color

	2020				2021				2022			
	SY LL	SY LZ	SY ZZ	L.S.	SY LL	SY LZ	SY ZZ	L.S.	SY LL	SY LZ	SY ZZ	L.S.
pH	3,39	3,41	3,405	n.s.	3,50	3,55	3,50	n.s.	3,49	3,40	3,50	n.s.
Acidez total (g/L de TH2)	6,30	6,57	6,41	n.s.	6,55^{a}	6,22^{b}	6,75^{a}	**	6,26	6,24	6,09	n.s.
Ácido tartárico (g/L)	4,44	3,97	3,96	n.s.	3,24	3,48	3,57	n.s.	2,76	2,88	2,83	n.s.
Ácido málico (g/L)	1,84^{a}	1,83^{a}	1,46^{b}	**	1,88^{a}	1,81^{a}	1,66^{b}	*	1,71^{a}	1,64^{b}	1,56^{c}	**
Intensidad colorante	1,500^{b}	1,630^{b}	1,908^{a}	**	1,942	1,737	1,960	n.s.	1,383^{b}	1,490^{b}	1,781^{a}	*
Tonalidad	0,420	0,410	0,398	n.s.	0,410	0,422	0,414	n.s.	0,438	0,435	0,451	n.s.
Antocianos (mg/L)	629	659	701	n.s.	806	770	827	n.s.	599^{b}	639^{b}	739^{a}	*
Taninos (g/L)	5,19	5,27	5,53	n.s.	5,12^{a}	4,55^{b}	5,37^{a}	**	3,49^{b}	3,73^{b}	4,26^{a}	*
Índice de polifenoles totales	61,05	61,94	65,82	n.s.	59,34^{b}	52,60^{c}	62,28^{a}	**	52,75^{b}	57,00^{b}	65,75^{a}	**

Dentro de cada fila, letras diferentes a continuación de las medias indican diferencias significativas de P ≤ 0,05 según el test LSD. L.S.: nivel de significación; n.s.: no significativo; *: significativo a P ≤ 0,05; **: significativo a P ≤ 0,01. ***, significativo a P ≤ 0,001.

Tabla 3.- Parámetros de calidad de los vinos

	2020				2021				2022			
	SY LL	SY LZ	SY ZZ	L.S.	SY LL	SY LZ	SY ZZ	L.S.	SY LL	SY LZ	SY ZZ	L.S.
Grado alcohólico (% v/v)	11,8^{c}	12,5^{b}	13,1^{a}	***	13,2^{b}	13,2^{b}	13,9^{a}	**	12,5^{b}	12,5^{b}	13,1^{a}	*
Acidez total (g/L de TH2)	4,89	5,07	5,14	n.s.	5,00	4,76	5,13	n.s.	5,74	5,85	6,15	n.s.
pH	3,60	3,59	3,63	n.s.	3,62	3,60	3,58	n.s.	3,65	3,58	3,59	n.s.
Acidez volátil (g/L de AcH)	0,38	0,39	0,37	n.s.	0,38	0,39	0,43	n.s.	0,33	0,40	0,40	n.s.
Azúcares reductores (g/L)	2,28	2,23	2,05	n.s.	2,42	2,35	1,93	n.s.	2,42	2,59	2,77	n.s.

Dentro de cada fila, letras diferentes a continuación de las medias indican diferencias significativas de P ≤ 0,05 según el test LSD. L.S.: nivel de significación; n.s.: no significativo; *: significativo a P ≤ 0,05; **: significativo a P ≤ 0,01. ***, significativo a P ≤ 0,001.

Análisis regional de las estrategias de cubiertas vegetales en los viñedos del Languedoc (sur de Francia) a través del Indicador de Cobertura.

Hugo Fernández-Mena[1,2 *], Léo Garcia[2], Christian Gary[3], Florian Celette[4], Aurélie Metay[2]

[1] *INRAE, UMR EMMAH, Aviñón, Francia*
[2] *Montpellier SupAgro - Institut Agro, University of Montpellier, UMR ABSys, Montpellier, Francia*
[3] *INRAE, UMR ABSys, Montpellier, Francia*
[4] *ISARA, Agroecology and Environment, Lyon, Francia*
**Autor: hugo.fernandez-mena@inrae.fr*

Resumen

A escala regional, resulta importante comprender cómo los viticultores eligen estrategias de manejo de cubiertas vegetales y con qué objetivos, para facilitar su acompañamiento técnico y la innovación agronómica. Estas estrategias incluyen prácticas como la elección de especies vegetales (espontáneas o sembradas); la proporción de superficie cubierta; el tipo de intervención (mecánica o química), la fecha de destrucción de la cubierta o el recorte periódico. Para entender mejor las practicas actuales y sus motivos, realizamos en 2016 una encuesta a 334 viticultores de la región de Languedoc-Roussillon en el sur de Francia, sobre sus prácticas de manejo de cubiertas vegetales. Los resultados mostraron que tres cuartas partes de los viticultores entrevistados sembraron o mantuvieron cubiertas vegetales en sus viñedos: el 41% usó una estrategia de cubierta en invierno; el 8,4% una cubierta semipermanente y el 27,3% una cubierta permanente. La estrategia más popular fue una cobertura total en invierno y su eliminación parcial, para mantenerla en calles alternas después del desborre. La diversidad espacial de estrategias de cobertura fue notable, por ello, propusimos una tipología analizando la dimensión espacial y temporal de las cubiertas mediante un Indicador de Cobertura (IC). También realizamos un análisis de componentes múltiples y un *clustering* para crear una clasificación de los viñedos y compararlos con los IC. De manera sorprendente, no encontramos bajos IC vinculados a menores recursos hídricos y suelos difíciles, sino más bien ligados a su inclusión en IGPs con altos objetivos de rendimiento por hectárea y venta a granel. Un mayor IC se vio asociado con viñedos que estaban adscritos a sellos DOP y/o sellos Ecológicos, bodegas particulares y menores objetivos de rendimiento. Estos resultados han mostrado que el valor añadido del vino juega un papel importante en el riesgo que los viticultores asumen para aplicar cubiertas vegetales en el Languedoc, siendo estos factores más importantes que otros como la disponibilidad de recursos hídricos.

Palabras clave: cubiertas vegetales, viñedos, regional, encuesta, estrategias.

INTRODUCCIÓN

Los suelos de viñedos en el mediterráneo presentan alto riesgo de erosión, en particular aquellos en los que se realiza laboreo y se mantiene el suelo desnudo durante episodios de lluvia torrencial (Prosdocimi et al., 2016). Las cubiertas vegetales entre las hileras del viñedo, o bajo la misma hilera, permiten proteger el suelo de la erosión y, al mismo tiempo, pueden aportar otros servicios ecosistémicos (Winter et al., 2018), como por ejemplo evitar la pérdida de lixiviados, aportar nitrógeno y materia orgánica al suelo, proveer hábitats para enemigos naturales (Kazakou et al., 2016; Novara et al., 2019). Por otro lado, las cubiertas vegetales pueden competir por los recursos hídricos y minerales del suelo durante el periodo vegetativo de la vid, limitando su desarrollo y producción (Celette et al., 2013).

A escala regional, resulta importante comprender cómo los viticultores eligen estrategias de manejo de cubiertas vegetales y con qué objetivos, para facilitar su acompañamiento técnico y la innovación agronómica. Estas estrategias implementadas por el viticultor incluyen prácticas como la elección de especies vegetales (espontáneas o sembradas); el porcentaje de superficie cubierta; el tipo de intervención (mecánica o química), la fecha de destrucción de la cubierta o el recorte periódico (Garcia et al., 2018). La estrategia de manejo de cubierta de cada viñedo puede variar en función del clima y el suelo del lugar, del nivel de formación de los viticultores y operarios, así como del tipo de bodega (Marques et al., 2015). Estas estrategias atienden también a lógicas económicas, mostrando en algunos casos mayor uso de cubiertas en viñedos con vinos de denominación de origen y alto nivel de remuneración (Schütte y Bergmann., 2019). Por otro lado, el manejo de cubierta espontáneas con mínima intervención también puede ser usado por algunos viñedos para ahorrar costes de producción (Schütte et al., 2020). El equipo de Hall et al. (2020) estudió las estrategias de manejo de cubiertas vegetales en 4 denominaciones de vino europeas, proponiendo clasificarlas en cubierta temporal, cubierta permanente o cubierta semipermanente. Sin embargo, esta clasificación podría mejorarse en términos de temporalidad y superficie espacial cubierta, en relación con el ciclo de la vid, y los objetivos de la estrategia de planta de servicio.

En el presente trabajo, realizamos una encuesta entre viticultores de la región de Languedoc-Roussillon (sur de Francia), indagando sobre las prácticas involucradas en el manejo de cubiertas vegetales de sus viñedos. Construimos una tipología espacial y temporal teórica, cuantificada mediante un Índice de Cobertura (IC), para estudiar las estrategias encontradas en la encuesta. Después, analizamos las estrategias de manejo de cubiertas para ver si dependían de (i) las características físicas y económicas de los viñedos y (ii) los servicios ecosistémicos buscados que los viticultores citaron en la encuesta. Nuestras hipótesis serían encontrar mayor IC (mayor superficie, mayor duración, material vegetal seleccionado, etc.) vinculadas a condiciones del viñedo menos limitadas en cuanto a suelos, clima y acceso al agua de riego. Así mismo, también planteamos como hipótesis que un mayor IC podría estar relacionado con bodegas de vino de alto valor añadido y menor remuneración directa al volumen de uva por hectárea. El conjunto de este trabajo y resultados se encuentran publicados en inglés en el artículo de Fernández-Mena et al. (2021).

MATERIAL Y MÉTODOS

La encuesta

Realizamos una encuesta en los viñedos de la región Languedoc-Roussillon en 2016, con relación a las prácticas de la temporada anterior, es decir, desde el otoño de 2014 y hasta la vendimia del 2015. En total, 334 viticultores respondieron la encuesta, lo que equivale al 3% de la población vitivinícola en Languedoc-Roussillon. El cuestionario y las respuestas están disponibles en un depósito de datos en Fernández-Mena (2020). El cuestionario estuvo compuesto por 101 preguntas divididas en los siguientes bloques:

i. Las características del viñedo (tamaño, adscripción a sellos, riego, características del suelo).
ii. Las prácticas de manejo del suelo (labranza, siega, uso de herbicidas, compost).
iii. La estrategia de manejo de cubiertas más frecuente a escala del viñedo, definida por el diseño espacial y su duración y el tipo de siembra si lo hay.
iv. Los objetivos de rendimiento, las limitaciones para el manejo de cubiertas vegetales y los servicios ecosistémicos buscados con ellas.

La tipología de estrategias

Propusimos una clasificación temporal y otra espacial para examinar las estrategias anunciadas en la encuesta. La clasificación temporal estableció 4 estrategias principales: i) "suelo desnudo" todo el año; ii) "cobertura invernal", desde la vendimia hasta el desborre de la vid; iii) "cobertura semipermanente", destruyendo la cubierta alrededor de la floración de la vid y iv) "cobertura permanente" durante todo el año. La clasificación espacial que proponemos incluye varias configuraciones según el número de calles y/o del espacio entre hileras cubierto (todas, alternando 1 de cada dos, o 1 de cada 3) y de las hileras cubiertas (Fig. 1).

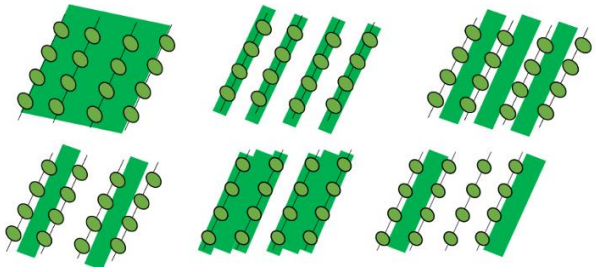


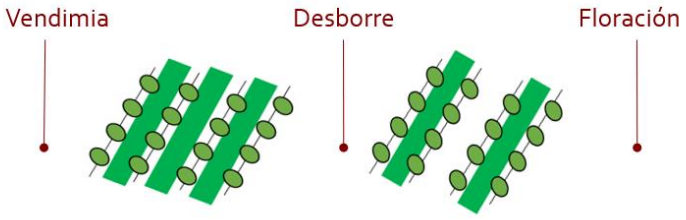
Fig. 1. Diseño espacial de algunas estrategias de manejo de cubiertas en viñedos. Los óvalos representan las cepas en hileras y las bandas verdes la superficie cubierta en la hilera o en el espacio entre hileras.

El Índice de Cobertura (IC)

Hemos propuesto un índice de cobertura basado en la proporción de superficie cubierta durante un tiempo determinado, que puede ser anual o durante un periodo del ciclo de la vid. Sus valores van de 0, suelo desnudo todo el año, hasta 1, todo el suelo cubierto durante todo el año. Los recortes de la cubierta y otras intervenciones con rodillos no se contarían como un suelo descubierto, producido por una operación de destrucción mecánica (superficial o profunda) o bien química, a base de herbicida.

En la región Languedoc-Roussillon, por falta de datos más precisos sobre las densidades de plantación de cada viñedo, hemos considerado el sistema de manejo estándar descrito por Roby et al. (2008) con hileras distanciadas de 2,5 m. Con este sistema estándar, hemos supuesto

que las callen ocupan dos tercios de la superficie (0,66) y el espacio debajo de las hileras ocupa un tercio (0,33). Por ejemplo, un viticultor que decide mantener las calles en invierno, que destruye la cubierta en la mitad de las calles durante el desborre de la vid, y que, durante la floración destruye totalmente la cubierta, obtendría un ICanual de 0,388, tal y como se muestra en la Fig. 2.



$$IC_{anual} = (IC_{invernal} * d_{dormancia}) + (IC_{des-flo} * d_{des-flo}) + (IC_{flo-vend} * d_{flo-vend})$$

$$IC_{anual} = (0{,}66 * 0{,}5) + (0{,}33 * 0{,}166) + 0$$

$$IC_{anual} = 0{,}388$$

Fig. 2. Ejemplo de cálculo del Índice de Cobertura para un viñedo con un manejo de calles cubiertas en invierno, reducidas a la mitad en el desborre y destruidas durante la floración de la vid.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la encuesta en cuanto a estrategias de manejo en sus dimensiones espaciales y temporales se muestran en la Tabla 1. La mayoría fueron cubiertas de vegetación espontánea, sólo sembraron la cubierta el 8% de los viticultores. La diversidad de configuraciones espaciales de la cubierta durante los periodos vegetativos y reproductivos de la vid es llamativa.

Tabla 1. Estrategias de manejo de cubiertas resultantes de la encuesta. La estrategia más popular de cada periodo aparece subrayada.

Diseño espacial	Periodo de dormancia de la vid	Periodo vegetativo de la vid	Periodo reproductivo de la vid
Cubierta permanente	64.4 %	10.3 %	11.1 %
Hileras cubiertas	15.3 %	12.5 %	10.2 %
Calles cubiertas	19.7 %	26.4 %	26.9 %
Alternancia de calles cubiertas	-	40.3 %	38.2 %
Alternancia de calles e hileras cubiertas	-	8.9 %	9.3 %
1 de cada 3 calles cubiertas	-	-	2.3 %
Calles recortadas y *mulch* en las hileras	0.6 %	1.6 %	2 %

El IC durante el período de dormancia fue elevado, mostrando que había un alto uso de cubiertas en este período, que disminuye progresivamente conforme la vid se desarrolla (Fig. 3,

izquierda). Los servicios ecosistémicos más buscados por los viticultores se representan en la Fig. 3 derecha y los IC de los viticultores que citaron esos servicios muestran cierta coherencia con los servicios citados.

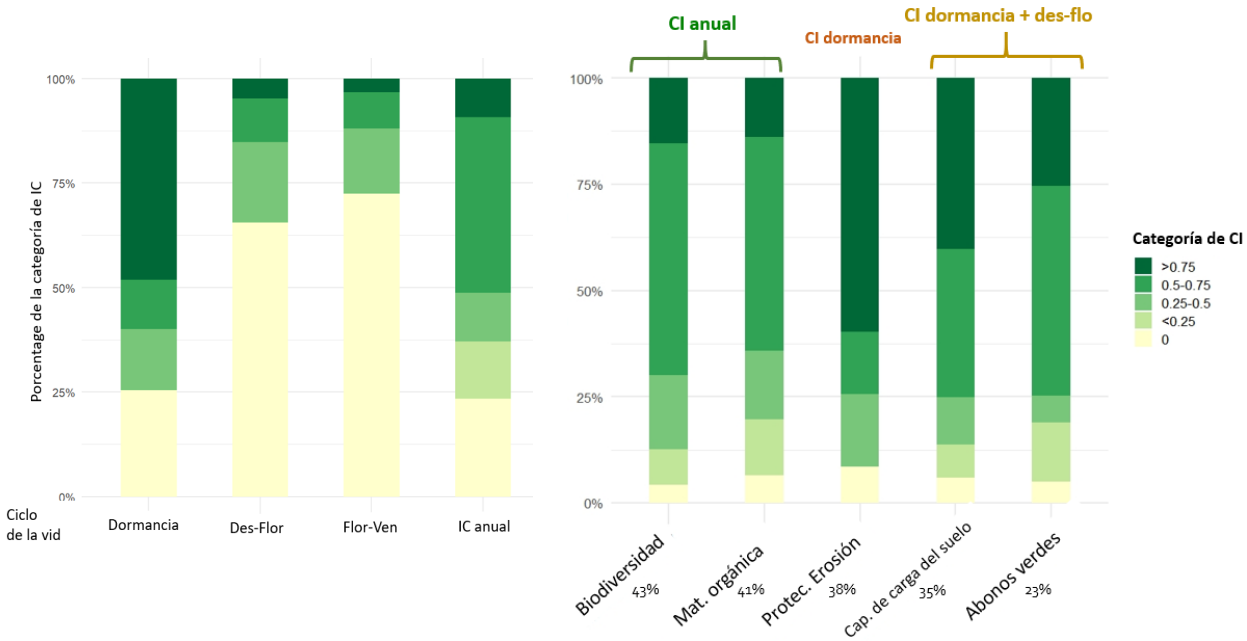


Fig. 3. Porcentaje de viticultores según sus categorías de Índice de Cobertura (IC), a la izquierda según el período de la vid (Dormancia, Desborre – Floración, Floración – Vendimia, y anual) y a la derecha según sus los servicios ecosistémicos buscados con la estrategia de manejo de cubierta elegida. En la figura de la derecha, el CI se ha calculado para el periodo correspondiente al servicio buscado con el manejo de la cubierta.

Las características de los viñedos que respondieron a la encuesta, están disponibles en Fernández-Mena et al. (2021), así como un *clustering* analizando 3 diferentes tipologías de viñedos en relación con las estrategias usadas por cada grupo. Mostramos que un IC más alto estaba relacionado con etiquetas de calidad, protección de cultivos orgánicos y rendimientos objetivo bajos. Por el contrario, no se encontró relación entre el IC y los recursos de agua y suelo en los viñedos.

Nuestro estudio confirmó la existencia de un margen de maniobra sustancial para el desarrollo de diferentes estrategias de manejo de cubiertas vegetales en viñedos dentro de una región. Las estrategias de manejo de cubiertas espontáneas presentaron una alta diversidad espacial y temporal que se pueden medir con el IC. Así mismo, observamos cierta coherencia de altos IC con vinos de alto valor añadido, pero baja relación con el contexto pedoclimático.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Chambre d'Agriculture de Occitanie y al CIVAM Bio de l'Hérault por la difusión del cuestionario y el intercambio de información. Al equipo de l'UMR ABSys de Montpellier (INRAE, CIRAD y Montpellier SupAgro) que financió este trabajo.

REFERENCIAS

Celette, F., Gary, C., 2013. Dynamics of water and nitrogen stress along the grapevine cycle as affected by cover cropping. Europ. J. Agron. 45, 142–152.

Fernández- Mena, H., 2020. Service Crop Survey across vineyards of the South of France in 2016. DOI: 10.18167/DVN1 / IAFN98. Disponible en línea en el enlace siguiente: https://dataverse.cirad.fr/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.18167/DVN1/IAFN98

Fernández-Mena, H., Frey, H., Celette, F., Garcia, L., Barkaoui, K., Hossard, L., ... & Metay, A. (2021). Spatial and temporal diversity of service plant management strategies across vineyards in the south of France. Analysis through the Coverage Index. European Journal of Agronomy, 123, 126191. Disponible en línea en: https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03027996/

Garcia, L., Celette, F., Gary, C., Ripoche, A., Vald´es-G´omez, H., Metay, A., 2018. Management of service plants for the provision of ecosystem services in vineyards: a review. Agric. Ecosyst. Environ. 251, 158–170.

R.M., Penke, N., Kriechbaum, M., Kratschmer, S., Jung, V., Chollet, S., Guernion, M., Nicolai, A., Burel, F., Fertil, A., 2020. Vegetation management intensity and landscape diversity alter plant species richness, functional traits and community composition across European vineyards. Agric. Syst. 177, 102706.

Roby, J.-P., Van Leeuwen, C., Marguerit, É., 2008. Références vigne: références technico-économiques de systèmes de conduite de la vigne. Synthèse agricole.

Kazakou, E., Fried, G., Richarte, J., Gimenez, O., Violle, C., Metay, A., 2016. A plant trait-based response-and-effect framework to assess vineyard inter-row soil management. Bot. Lett. 163, 373–388.

Marques, M.J., Bienes, R., Cuadrado, J., Ruiz-Colmenero, M., Barbero-Sierra, C., Velasco, A., 2015. Analysing perceptions attitudes and responses of winegrowers about sustainable land management in Central Spain. Land Degrad. Dev. 26, 458–467.

Novara, A., Minacapilli, M., Santoro, A., Rodrigo-Comino, J., Carrubba, A., Sarno, M., Venezia, G., Gristina, L., 2019. Real cover crops contribution to soil organic carbon sequestration in sloping vineyard. Sci. Total Environ. 652, 300–306.

Prosdocimi, M., Cerd`a, A., Tarolli, P., 2016. Soil water erosion on Mediterranean vineyards: a review. Catena 141, 1–21.

Schütte, R., Bergmann, H., 2019. The attitudes of French and Spanish winegrowers towards the use of cover crops in vineyards. J. Wine Res. 1–15.

Schütte, R., Plaas, E., G´omez, J.A., Guzm´an, G., 2020. Profitability of erosion control with cover crops in European vineyards under consideration of environmental costs. Environ. Dev., 100521

Winter, S., Bauer, T., Strauss, P., Kratschmer, S., Paredes, D., Popescu, D., Landa, B., Guzm´an, G., G´omez, J.A., Guernion, M., 2018. Effects of vegetation management intensity on biodiversity and ecosystem services in vineyards: a meta-analysis. J. Appl. Ecol. 55, 2484–2495

Cubierta vegetal espontánea como herramienta frente a la erosión en un viñedo de Rioja Alavesa

R. Pérez-Parmo, A. Aizpurua, L. Zarauz, A. Uribeetxebarria, E.F. Jalón[1], O. Unamunzaga

NEIKER-Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario. C/Berreaga, 1. 48160 Derio (Bizkaia)
[1]Bodega Maisulan. Camino del Soto, s/n. 01309 Elvillar/Bilar (Araba)
**Roberto Pérez-Parmo: rperezparmo@neiker.eus*

Resumen
Más del 40% del viñedo de Rioja Alavesa tiene una pendiente media superior al 10%, lo que lo hace sensible a procesos erosivos. Además, es previsible que las lluvias estén menos repartidas y las precipitaciones intensas ocurran más frecuentemente como consecuencia del cambio climático. Teniendo en cuenta que la mayoría de los suelos de viña de Rioja Alavesa se manejan mediante laboreo, el objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto que distintos manejos de suelo tienen sobre la erosión, crecimiento vegetativo y rendimiento de la viña y calidad de la uva. Para ello se ha realizado un ensayo con un diseño en bloques al azar y tres repeticiones en un viñedo de la variedad ´Graciano` con una pendiente entre el 10-20% durante los años 2020 y 2021. Se han comparado tres tratamientos: laboreo tradicional, cubierta vegetal espontánea y un manejo combinado de ambos. El crecimiento se vio claramente reducido en el tratamiento de cubierta los dos años del ensayo. El rendimiento también fue menor en el tratamiento de cubierta vegetal, pero las diferencias fueron significativas solamente el segundo año. En cuanto a la calidad se observa un mayor contenido de ácido málico de la uva en el tratamiento de laboreo. Además, se detecta un menor contenido de K en vino en el tratamiento de cubierta. Se produjo un claro descenso de la erosión en el tratamiento de cubierta vegetal (2,1 t ha^{-1} $año^{-1}$) frente al tratamiento de laboreo (17,9 t ha^{-1} $año^{-1}$). La cubierta vegetal espontánea es una buena opción de cara a reducir las pérdidas de suelo en viñedos en pendiente, pero la cubierta ejerce una competencia en cuanto a agua y nutrientes que hay que tener en cuenta en el manejo agronómico.

Palabras clave: caja Gerlach, laboreo, suelo, clima mediterráneo.

INTRODUCCIÓN

El viñedo es uno de los cultivos más susceptibles a la erosión en la región mediterránea, puesto que en las zonas sub-húmedas o semiáridas se manejan normalmente manteniendo el suelo desnudo a través de un laboreo convencional. Entre las técnicas más comunes y baratas que podemos encontrar para hacer frente a este problema se encuentra la cubierta vegetal permanente, espontánea o sembrada, técnica que ha demostrado reducir la pérdida de suelo y nutrientes comparado con suelos labrados (Bienes et al., 2012). Sin embargo, para extender su uso es necesario contar con datos de su influencia sobre el comportamiento del viñedo.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de diferentes manejos de suelo de un viñedo de Rioja Alavesa en pendiente, sobre la erosión, crecimiento vegetativo, producción del viñedo y calidad de la uva.

MATERIAL Y MÉTODOS

El viñedo a estudio está certificado en Agricultura Ecológica y pertenece a Bodegas Maisulan (Elvillar/Bilar, Álava/Araba). Se plantó en 2004 con la variedad ´Graciano`, tiene formación en espaldera, un sistema de poda en cordón simple y un marco de plantación de 2,45 × 1,2 metros. La parcela tiene una pendiente entre 10-20%. Según la estación meteorológica de Páganos, la precipitación media anual ronda los 500 mm. El estudio se llevó a cabo entre el 1 de abril de 2020 y el 31 de marzo de 2022. El diseño experimental consistió en tres bloques al azar con tres tratamientos y 36 cepas por parcela elemental. Los tratamientos fueron: Cubierta vegetal espontánea (CV), con 1-2 pases de segadora/año; Laboreo convencional (LAB), con 4-6 pases/año de maquinaria de laboreo (rotavator, chisel o rastra de púas); Manejo combinado (MC), con una calle con 2-3 pases/año de chisel y una calle sin labrar con 1-2 pases/año de segadora (las calles se alternan cada año). Se midieron parámetros de producción, crecimiento vegetativo y calidad de la uva y el vino durante las campañas 2020 y 2021. En los tratamientos CV y LAB se instalaron seis micro parcelas de 2 m^2 con una caja Gerlach de recogida de sedimentos comunicada a un depósito de recogida del agua de escorrentía (Gerlach, 1967). Una vez cuantificada la tierra recogida en la caja y los sólidos disueltos en el agua se calcularon las tasas de erosión por superficie por tratamiento sumando las pérdidas de todos los eventos y dividiendo la suma entre los años de estudio. En total se realizó muestreo en 43 fechas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tratamiento de laboreo causó pérdidas de suelo (17,9 t ha^{-1} $año^{-1}$) por erosión claramente mayores que el tratamiento con cubierta vegetal espontánea (2,1 t ha^{-1} $año^{-1}$). Estas diferencias son debidas a que la cubierta vegetal crea una barrera física en la superficie, aumentando la tortuosidad del flujo de agua superficial, reduciendo así la escorrentía para arrastrar sedimentos (Kosmas et al., 1997). Esta diferencia también se debe a la creación natural de una costra en los suelos desnudos o labrados (Angulo-Martínez et al., 2012) que minimiza la capacidad de infiltración y aumenta la escorrentía de manera considerable, y en consecuencia la erosión hídrica (Bienes et al., 2012). Estos valores coinciden aproximadamente con los obtenidos en este estudio para el tratamiento de laboreo tradicional (17,9 t ha^{-1} $año^{-1}$). Abad et al. (2021a) constataron que la erosión media publicada en otros trabajos en viñedos con cubierta espontánea era de 2,4 t ha^{-1} $año^{-1}$ prácticamente igual a la obtenida en este estudio. Sin embargo, la tasa de erosión para suelos labrados fue de 11,4 t ha^{-1} $año^{-1}$, algo menor que la registrada en este ensayo. Las diferencias en crecimiento vegetativo se observan ya en el primer año (Tabla 1), con un mayor crecimiento en el tratamiento de laboreo. En el segundo año esas diferencias se acentúan y se observa un descenso del peso de poda del 32% en el manejo combinado y del 47% en el tratamiento de cubierta vegetal. Esto coincide con lo hallado por Abad et al. (2021b) en su revisión sistemática donde en un 50% de los trabajos revisados la reducción de crecimiento fue mayor del 20%, y en un 45% menor del 20% con respecto al tratamiento de laboreo. Cabe destacar que en un ensayo realizado durante cinco años en la misma comarca en la localidad de Oion (Araba), se observó una reducción en el peso de poda debido a la cubierta vegetal (en este caso cebada) a pesar de que el suelo tenía una gran capacidad de almacenamiento de agua debido a su elevada profundidad (Kortabarria, 2017). Respecto al rendimiento, en el primer año no se detectan diferencias significativas entre tratamientos, si bien la tendencia es clara hacia una menor producción a medida que aumenta la intensidad de la cubierta. En el segundo año, estas diferencias son más claras y los dos tratamientos con cubierta presentan una reducción significativa del rendimiento de un 21-25%. Otros autores como Aguirrezábal et al. (2012) en un ensayo de 10 años realizado en Navarra, también observan un descenso productivo que está

relacionado con el % del suelo cubierto. Esta reducción viene, en parte, provocada por un descenso del número de racimos a partir de la segunda campaña que también se observa en este trabajo. La reducción en el número de racimos se explicaría por la competencia de la vegetación espontánea por el nitrógeno y el agua ocurrida en la primera campaña durante la diferenciación floral, tal y como explican Guilpart et al. (2014). Además, también se detectó un menor peso del racimo en el tratamiento de cubierta en todas las filas, pero al igual que observaron Aguirrezábal et al. (2012) en el tratamiento con manejo intermedio no hubo diferencias en cuanto al peso del racimo con respecto al laboreo. No hubo diferencias en cuanto al grado probable, y es lo que observaron Abad et al. (2021b) en su revisión en un 68% de los casos. El tratamiento de laboreo mostró una mayor concentración de ácido málico en mosto que solamente fue significativa el segundo año (Tabla 1). No se observaron diferencias en lo referente a pH, acidez total tartárica, intensidad colorante, índice de polifenoles totales, antocianos y taninos. Estos resultados coinciden con lo hallado por Abad et al. (2021b) en su artículo, donde el 90% de los trabajos consultados no presentaban diferencias en cuanto a pH. Sin embargo, en el caso de los polifenoles detectaban resultados divergentes y apuntaban a la reducción del rendimiento como causante del aumento de polifenoles en aquellos casos en que se observaba una pérdida de rendimiento producida por la cubierta vegetal. En el caso del ensayo de Kortabarria (2017) por lo general tanto polifenoles y color como antocianos mejoraban con el tratamiento de cubierta de cebada en un suelo profundo. La concentración de K en vino fue menor en el tratamiento de cubierta vegetal, lo cual indica que hubo competencia por este nutriente. El contenido de potasio en suelo en esta parcela no era muy alto (96 mg kg^{-1}), y probablemente no fue suficiente para aportar los nutrientes necesarios a la cubierta sin competir con el viñedo. En otros estudios como el realizado por Pérez-Álvarez et al. (2015) y Kortabarria (2017) no se ha observado este descenso del K en vino en los tratamientos de cubierta, pero el contenido de K en suelo era sensiblemente mayor. Cabe destacar los bajos valores de nitrógeno fácilmente asimilable que sin embargo no mostró diferencias significativas entre tratamientos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca en el proyecto MONTCLIMA: Clima y riesgos naturales en las montañas del SUDOE, cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del programa Interreg SUDOE.

REFERENCIAS

Abad, J., Hermoso de Mendoza, I., Marín D., Orcaray, L., and Santesteban, L.G. 2021a. Cover crops in viticulture. A systematic review (1): Implications on soil characteristics and biodiversity in vineyard. OENO One. 1: 295-312.

Abad, J., Hermoso de Mendoza, I., Marín, D., Orcaray, L., and Santesteban, L.G. 2021b. Cover crops in viticulture. A systematic review (2): Implications on vineyard agronomic performance. OENO One. 2: 1-27.

Aguirrezábal, F., Sagües, A., Cibriáin, J.F., Suberviola, J. 2012. Ensayos de cubiertas vegetales en viña 1995-2005. Serio Investigación y Desarrollo Agrarios nº 8. Gobierno de Navarra. Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local.

Angulo-Martínez, M., Beguería, S., Navas, A., Machín, J. 2012. Splash erosion under natural rainfall on three soil types in NE Spain. Elsevier Geomorphology. Volumen 175(176), 38-44.

Bienes, R., Marques, M.J., Ruíz-Colmenero, M. 2012. Cultivos herbáceos, viñedos y olivares. El

manejo tradicional del suelo y sus consecuencias en la erosión hídrica. Cuadernos de Investigación Geográfica. 1(38): 49–74.
Gerlach, T. 1967. Hillslope troughs for measuring sediment movement. Revue de geomorphologie dynamique. 17, 173.
Guilpart, N., Metay, A., Christian, G.2014. Grapevine bud fertility and number of berries per bunch are determined by water and nitrogen stress around flowering in the previous year. European Journal of Agronomy. 54: 9-20.
Kortabarria Mantzizidor, J. 2017. Cubiertas vegetales en un viñedo de Rioja alavesa: influencia sobre el estado hídrico, crecimiento vegetativo, producción y calidad. Tesis doctoral Universidad del País Vasco- Euskal Herriko Unibertsitatea.
Kosmas, C., Danalatos, N., Cammeraat, L. H., Chabart, M., ... & Vacca, A. 1997. The effect of land use on runoff and soil erosion rates under Mediterranean conditions. Catena. 29(1): 45-59.
Pérez-Álvarez, E.P., García-Escudero, E., & Peregrina, F. 2015. Soil nutrient availability under Cover Crops: Effects on vines, must, and wine in a Tempranillo Vineyard. American Journal of Enology and Viticulture. 66(3): 311–320.

Tabla 1. – Resultados agronómicos y enológicos del ensayo de cubierta vegetal realizado en Elvillar (Araba) en los años 2020 y 2021. Medias con letras diferentes son significativamente distintas (ANOVA y separación de medias mediante Duncan).

	2020			**2021**		
	Cubierta vegetal espontánea	**Manejo combinado**	**Laboreo**	**Cubierta vegetal espontánea**	**Manejo combinado**	**Laboreo**
Producción *(kg cepa $^{-1}$)*	2.47	2.52	2.72	3.18 ***b***	3.37 ***b***	4.26 ***a***
Número de racimos *(racimos cepa $^{-1}$)*	8.4	8.6	8.2	10.4 ***b***	10.4 ***ab***	12.1 ***a***
Peso medio racimo *(g)*	301	304	329	304 ***b***	326 ***ab***	351 ***a***
Peso madera de poda *(kg cepa $^{-1}$)*	0.676 ***b***	0.628 ***b***	0.866 ***a***	0.384 ***c***	0.493 ***b***	0.725 ***a***
Grado Probable (mosto) *(% Vol)*	13.6	13.1	13.3	13.23	13.40	13.40
pH (mosto)	3.18	3.14	3.19	3.2	3.2	3.3
Acidez Total Tartárica (mosto) *(g L $^{-1}$)*	5.46	5.64	5.56	5.2	5.1	5.0
Ácido L-málico *(g L $^{-1}$)*	1.4 ***b***	1.4 ***b***	1.7 ***a***	1.2	1.4	1.6
Nitrógeno fácilmente asimilable (mosto) *(mg L $^{-1}$)*	57	50	60	81	86	96
Intensidad Colorante (vino) *(A420, A520, A620)*	-	-	-	11.925	11.391	11.258
Índice Polifenoles Totales (vino) *(A280)*	-	-	-	38	39	40
Antocianos (vino) *(mg L $^{-1}$)*	-	-	-	411	418	394
Taninos (vino) *(g L $^{-1}$)*	-	-	-	1.48	1.55	1.59
Potasio (vino) *(mg L $^{-1}$)*	-	-	-	632 ***b***	761 ***a***	774 ***a***

Efecto de la inclinación del terreno y los factores edafoclimáticos sobre la microbiota del suelo en viñedos comerciales

Viñas M.[1*], Guivernau M.[1], Lucas Y.[1], Aranda X.[2,3], Savé R.[2], Sánchez-Costa E.[2], De Herralde F.[2]

[1] Sostenibilitat en Biosistemes, IRTA. Torre Marimon. 08140 Caldes de Montbui (Barcelona)
[2] Fruticultura, IRTA. Torre Marimon s/n 08140 Caldes de Montbui (Barcelona)
[3] Servei de Camps Experimentals, Facultat de Biología, (UB). Av. Diagonal 643, 08028 Barcelona
Viñas, M.: marc.vinas@irta.cat

Resumen

La pendiente del terreno en un viñedo puede condicionar la erosión, el agua y los nutrientes disponibles, y por lo tanto puede condicionar la composición y la diversidad microbiana del suelo superficial y a los servicios ecosistémicos asociados. En el presente estudio se evaluó el efecto de la pendiente del terreno, en parcelas de ladera y terraza con cubierta vegetal en viñedos comerciales en Roses (Empordà, Cataluña) y en Clavijo y Tudelilla (La Rioja) y en el matorral adyacente, sobre la diversidad microbiana y las características fisicoquímicas del suelo. El estudio de metataxonomía bacteriana (16S rRNA) muestra una mayor alfa-diversidad en los viñedos y suelo control (matorral) de Roses en comparación a los viñedos y suelo control (matorral) de la Rioja. Los resultados (PERMANOVA) revelaron una diferenciación de beta-diversidad bacteriana principalmente entre ambas regiones (F: 8.72; p<0.001), y dentro de cada región, también debido a la pendiente del terreno (Roses F: 3.48; p<0.001; Rioja F: 3.63; p<0.01). Los filos predominantes en Roses fueron Actinobacteria, Proteobacteria (clase α), Acidobacteria, Firmicutes, Verrucomicrobia y Gemmatimonadetes, mientras que en la Rioja se observó una menor prevalencia de Verrucomicrobia y Acidobacteria. Los controles en matorral mostraron un perfil conservado de diversidad bacteriana propio de la zona edafoclimática, seguramente condicionados por la presencia histórica de vid en el mismo terreno. En la Rioja las parcelas con mayor pendiente mostraron una menor diversidad y abundancia de población microbiana que en terraza. Los resultados confirman el impacto que ejerce tanto la zona edafoclimática como la pendiente del terreno en la diversidad microbiana del suelo superficial de viñedos comerciales.

Palabras clave: Metataxonomía, 16S rRNA/ITS, amoniooxidantes, microbioma, erosión

INTRODUCCIÓN

Las prácticas agrícolas convencionales, habitualmente con fuerte laboreo y ausencia de cubierta vegetal, pueden causar problemas de escorrentía y pérdidas de suelo en viñedos con pendiente (Arnáez et al., 2007). La erosión se produce principalmente en situaciones de lluvia intensa, causando pérdidas de suelo, potencial de agua almacenable, materia orgánica y nutrientes. Ello puede condicionar las características fisicoquímicas y la diversidad microbiana del suelo superficial, afectando potencialmente los servicios ecosistémicos del suelo (Cerdà et al., 2016; Prosdocimi et al., 2016). La importancia de la microbiota del suelo en viñedos, incluido su impacto en el terroir del vino (Bokulich et al., 2014; Gilbert et al., 2014; Zarraonaindia et al., 2015) puede verse afectada por factores como el pH, la textura, la gestión del cultivo, y el contexto edafoclimático y geográfico, los cuales afectan la diversidad microbiana (Burns et al., 2015-2016; Coller et al., 2019; Bobbi et al., 2022; Viñas et al., 2022).

El presente estudio tiene por objetivo conocer el efecto de la pendiente en viñedos de diferentes zona edafoclimáticas, sobre los parámetros fisicoquímicos y la diversidad microbiana del suelo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización de los viñedos, tratamientos experimentales y muestreo del suelo

Se estudiaron parcelas de ladera (pendiente 2-5%) y de terraza (sin pendiente) en viñedos comerciales de Garnacha Tinta y Blanca, injertadas sobre 110-R, ubicados en Roses (Cataluña), Clavijo y Tudelilla (La Rioja), incluyendo matorral adyacente, sin vid, como control (Tabla 1). En cada parcela se analizaron de 5 muestras de suelo, compuestas cada una a partir de 4 submuestras recogidas a 30-50 cm de del tronco, a profundidad de -5 a -20 cm.

Caracterización fisicoquímica del suelo

En un laboratorio externo se determinaron: textura, materia orgánica (MO), carbono orgánico (CO), materia orgánica oxidable (MOO), nitrógeno Kjeldahl, N-NO_3^-, N-NH_4^+, P (Olsen), Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+, pH, conductividad eléctrica (EC, dS/m), S, SO_4^{2-}, Fe, Cu, Mn, Zn y Mo. Los análisis estadísticos se realizaron con R Statistical Software (versión 4.1.1) mediante modelos de efectos mixtos (package nlme, R , 2021).

Caracterización microbiana del suelo

La extracción de ADN total del suelo de cada muestra compuesta se realizó mediante DNeasy PowerSoil Pro Kit (Qiagen). La cuantificación de las poblaciones totales se realizó mediante qPCR (equipo MX3000P): gen 16S rRNA (total de bacterias), ITS1 rRNA (total de hongos), gen *amoA* (bacterias amoniooxidantes (AOB) y arqueas amoniooxidantes (AOA)). El estudio de la alfa y beta diversidad bacteriana se realizó por metabarcoding, mediante *paired-end sequencing* de amplicones 16S rRNA (region V3-V4), en un equipo MiSeq (Ilumina) y los softwares Cutadapt y DADA2 (paquete R). Las afiliaciones taxonómicas de los ASV se asignaron utilizando el Naïve Bayesian Classifier, utilizando la base de datos RDP y Greengenes, compiladas en cada nivel taxonómico. Para estudiar la alfa-diversidad, se calcularon los índices de Shannon (H) y Chao1 mediante el software Phyloseq (R). La beta-diversidad se estudió calculando la disimilitud entre muestras (matriz de Bray-Curtis a nivel de ASVs), proyectada mediante PCoA. La contribución de cada tratamiento para cambiar significativamente la comunidad microbiana se evaluó mediante PERMANOVA, utilizando el paquete de R Vegan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización fisicoquímica en Roses reveló que las parcelas de terraza en vaso (TV) contenían menos N Kjeldahl y CO respecto al resto de tratamientos, mientras que los SO_4^{2-}, fueron más elevados en vaso-ladera (CV), y menores en Espaldera-ladera (CE) que en el resto. Ca/Mg ratio fue más elevado en CE. CE mostró menores contenidos de Na y de arcilla (5%) que el resto de tratamientos (8-10%), así como una diferenciación de su comunidad microbiana (PERMANOVA F:3.5166; $p<0.001$), lo que podría indicar un mayor efecto de erosión y pérdida de suelo en dicha parcela. En Clavijo, el contenido de N Kjeldahl, N-NO_3, MO, COT y arcilla fue más elevado en las parcelas con terraza (CT) versus a las de ladera (CL), indicando también una potencial pérdida de suelo. En Tudelilla, las terrazas de 20 años muestran también valores menores de arcilla, pero sin pérdidas de MO y N. El N Kjeldahl de Clavijo dobló el de Tudelilla. Los resultados metatoxonómicos (16S rRNA) mostraron una mayor alfa-diversidad bacteriana en los viñedos y matorral de Roses (Chao1: 2519±241, Shannon (H): 6.89±0.19) respecto a los viñedos y control matorral de la Rioja, en los cuales se vio más afectación causada por la pendiente (Chao1: 1755±579, Shannon: 6,17±0.67, H-Min en CL de 4.78 vs 6.47 en CT). Los resultados revelaron una alfa-diversidad dentro de los rangos descritos para viñedo (Gobbi et al., 2022). Se observó una diferenciación (beta-diversidad

bacteriana) entre las regiones estudiadas (PERMANOVA F: 8.72; p<0.001), y dentro de cada región, también por la inclinación del terreno (Roses F: 3.48; p<0.001; Rioja F: 3.639; p<0.01). Los filos predominantes en Roses fueron Actinobacteria, Proteobacteria (clase α), Acidobacteria, Firmicutes, Verrucomicrobia y Gemmatimonadetes, mientras que en la Rioja se observó una menor prevalencia de Verrucomicrobia y Acidobacteria, también coincidente con los filos descritos en otros estudios para suelo de viñedo (Gobbi et al., 2022; Zarraonaindia et al., 2020). Los controles en matorral mostraron un perfil diferenciado a nivel de beta-diversidad respecto al viñedo (Roses F: 5,318 p<0,001; Rioja F: 4.105 p<0,001). En la Rioja las parcelas en ladera mostraron, además de una menor alfa-diversidad, una menor abundancia de población microbiana que en terraza confirmando el potencial efecto de la erosión y la pérdida de poblaciones microbianas en el suelo (Fig.1). Los resultados confirman el impacto que ejercen el contexto edafoclimático y la inclinación del terreno en la diversidad microbiana del suelo del viñedo. En Clavijo se observó un impacto más negativo de la pendiente sobre la diversidad y abundancia microbiana, coincidente con una pérdida de arcilla, COT y N, que podría estar asociada a procesos de erosión del suelo.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio ha sido financiado por el proyecto LIFE MIDMACC (LIFE18 CCA/ES/001099) “Mid-mountain adaptation to climate change”.

REFERENCIAS

Arnáez, J., Lasanta, T., Ruiz-Flaño, P. y Ortigosa, L. 2007. Factors affecting runoff and erosion under simulated rainfall in Mediterranean vineyards. Soil & Tillage Res., 93: 324-334.

Bokulich, N.A., Thorngate, J.H., Richardson, P.M., and Mills, D.A. 2014. Microbial biogeography of wine grapes is conditioned by cultivar, vintage, and climate. Proc. National Acad. Sci., 111(1): E139-E148.

Burns, K.N., Bokulich, N. A., Cantu, D., Kluepfel, D.A., O'Geen, A.T., and Steenwerth, K.L. 2016. Vineyard soil bacterial diversity and composition revealed by 16S rRNA genes: differentiation by vineyard management. Soil Biol. and Biochem., 103: 337-348.

Burns, K.N., Kluepfel, D.A., Strauss, S.L., Bokulich, N.A., Cantu, D., and Steenwerth, K.L. 2015. Vineyard soil bacterial diversity and composition revealed by 16S rRNA genes: differentiation by geographic features. Soil Biol. and Biochem., 91: 232-247.

Cerdà, A. 1997. Soil erosion after land abandonment in a semiarid environment of southeastern Spain. Arid Soil Res and Rehabilitation 11, 163-176.

Coller, E., Cestaro, A., Zanzotti, R., Bertoldi, D., Pindo, M., and Donati, C. 2019. Microbiome of vineyard soils is shaped by geography and management. Microbiome, 7(1) : 1-15.

Gilbert, J.A., van der Lelie, D., and Zarraonaindia, I. 2014. Microbial terroir for wine grapes. Proc. National Acad. Sci.: 111(1): 5-6.

Gobbi, A., Acedo, A., Imam, N., Santini, R.G., Ortiz-Álvarez, R., Ellegaard-Jensen, L., ... and Hansen, L.H. 2022. A global microbiome survey of vineyard soils highlights the microbial dimension of viticultural terroirs. Communications biol., 5(1): 1-9.

Prosdocimi, M., Burguet, M., Di Prima, S., Sofia, G., Terol, E., Rodrigo Comino, J., Cerdà, A., Tarolli, P. 2016. Rainfall simulation and Structure-from-Motion photogrammetry for the analysis of soil water erosion in Mediterranean vineyards. STOTEN 574: 204-215.

Viñas, M., Guivernau, M., Marull, J., Tello-Aragay, E., Lucas, Y., Pino, J., ... and de Herralde, F. 2022. Impact of long term agroecological and conventional practices on subsurface soil microbiota in Macabeu and Xarel·lo vineyards. Terclim 2022 XIVth International Terroir Congress-2nd ClimWine Symposium. July 3-8, 2022 Bordeaux, France.

Zarraonaindia, I., Owens, S.M., Weisenhorn, P., West, K., Lax, S., Gilbert, J.A. 2015. The soil microbiome influences grapevine-associated microbiota. *Mbio, 6*(2).

Tabla 1: Características de las parcelas experimentales: Vid en espaldera en todos los viñedos de la Rioja.

Parcela	**Ubicación**	**Descripción tratamiento**	**Variedad Vid**	**Textura**
ROSES-CV	Roses	Ladera/Vaso	Garnacha tinta	Franco arenosa
ROSES-CE	Roses	Ladera/Espaldera	Garnacha tinta	Franco arenosa
ROSES-TE	Roses	Terraza/Espaldera	Garnacha tinta	Franco arenosa
ROSES-TV	Roses	Terraza/Vaso	Garnacha tinta	Franco arenosa
ROSES-FX	Roses	Control/Matorral	--	Franco arenosa
RIOJA-CCL	Clavijo	Control/Ladera	--	Franco arcilloso arenosa
RIOJA-CT	Clavijo	Terraza/Espaldera	Garnacha blanca	Franco arcillosa
RIOJA-CL	Clavijo	Ladera/Espaldera	Garnacha blanca	Franco-Franco arcillosa
RIOJA-CCT	Clavijo	Control/Terraza	--	Franca
RIOJA-T	Tudelilla	Ladera 1 año/Espaldera	Garnacha Tinta	Franco arcillosa
RIOJA-T7	Tudelilla	Ladera 7 años/Espaldera	Garnacha Tinta	Franco arcillosa
RIOJA -T20	Tudelilla	Ladera 20 años/Espaldera	Tempranillo	Franco arenosa
RIOJA -TC	Tudelilla	Control Ladera/ Matorral	--	Franco arenosa

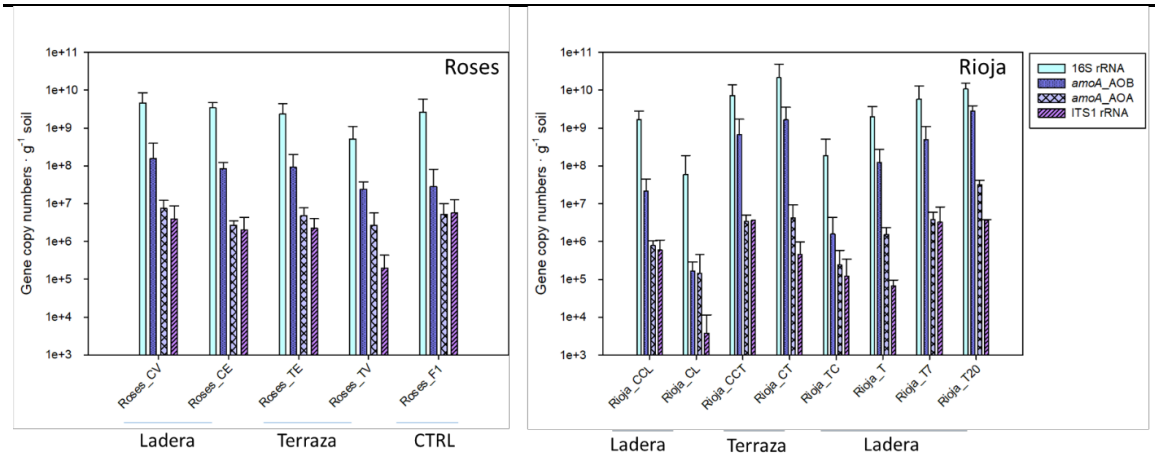


Fig. 1: Influencia de la parcela y tratamiento (ver tabla 1) en Roses (izquierda) y Rioja (derecha) en la abundancia de poblaciones de bacterias totales (16S rRNA), hongos (ITS1), y poblaciones de bacterias y arqueas amoniooxidantes (AOB y AOA respectivamente).

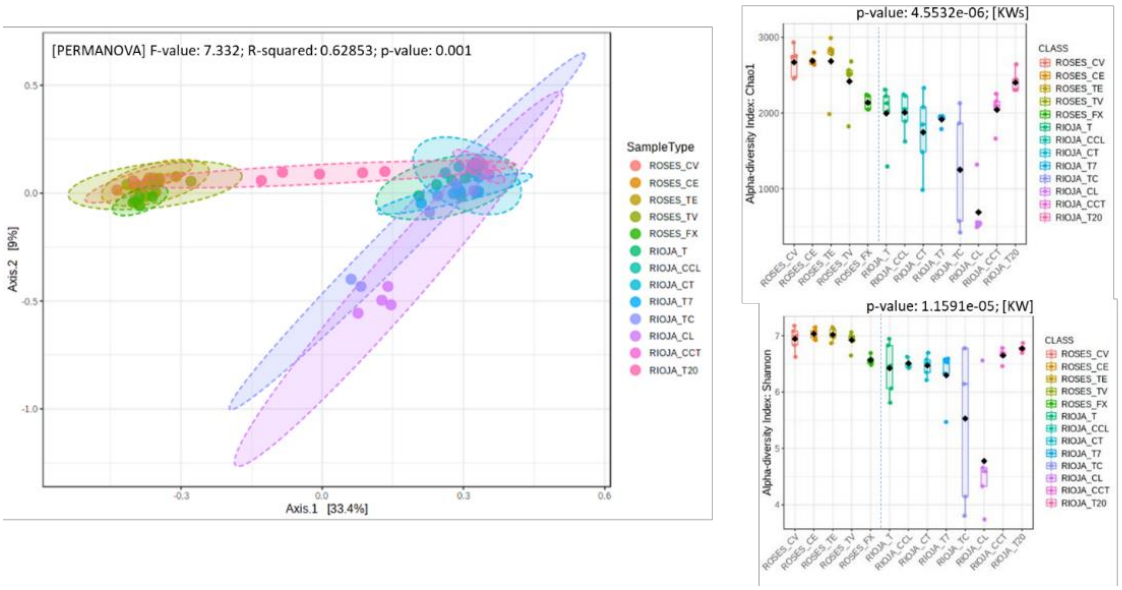


Fig. 2: Diagramas de PCoA de beta diversidad (izquierda), e índices de alfa-diversidad (Chao1 de riqueza, arriba; y Shannon de diversidad debajo), en los viñedos de Roses y de la Rioja (Clavijo y Tudelilla).

Las comunidades microbianas y sus interconexiones en los suelos vitícolas se ven afectadas por el nivel de riego y la inoculación de micorrizas.

Nazareth Torres [1,2,*], Runze Yu[3], S. Kaan Kurtural[4]

[1]Departamento de Agronomia, Biotecnología y Alimentación, Universidad Pública de Navarra, Campus Arrosadia, 31006 Pamplona, Navarra.

[2]Institute for Multidisciplinary Research in Applied Biology (IMAB-UPNA), Public University of Navarre, Campus Arrosadia 31006 Pamplona, Spain

[3]Department of Viticulture and Enology, California State University, Fresno, Fresno, CA, USA.

[4]Department of Viticulture and Enology, University of California Davis, 1 Shields Avenue, Davis, CA 95616, USA;

*Autora: nazareth.torres@unavarra.es

Resumen

La microbiota de los viñedos afecta notablemente a la salud de la vid y a su adaptación a diferentes condiciones medioambientales y determina la calidad biológica de los suelos lo que influye en la calidad del vino. Sin embargo, el manejo del viñedo podría afectar a su composición e interacciones. El presente estudio evaluó si la aplicación de hongos micorrícicos arbusculares (HMA) y el manejo del riego afectaba a las comunidades microbianas. Para ello, se planteó un diseño factorial con plantas inoculadas con HMA (I) vs. no inoculadas (NI) y/o regadas para reemplazar el 100% del agua pérdida con la evapotranspiración (FI) o el 50% (HI). Las comunidades bacterianas y fúngicas en suelos de viñedos se vieron afectadas tanto por el paso del tiempo como por el manejo del suelo (inoculación de HMA y riego). La diversidad alfa de las comunidades fúngicas se modificó debido a los tratamientos, mientras que las comunidades bacterianas se vieron más afectadas en su diversidad beta. El análisis de las conexiones entre las distintas especies mostro que las asociaciones bacterianas fueron más débiles que las fúngicas en los suelos HI y la inoculación con HMA aumentó el número de asociaciones positivas entre la microbiota del viñedo. En conjunto, los resultados subrayan la necesidad de más estudios sobre el efecto de las prácticas de manejo, especialmente la inoculación de HMA en los sistemas de cultivo, para comprender que factores impulsan su variabilidad, fortalecer las redes microbianas beneficiosas y lograr una mejor calidad del suelo, lo que mejorará el rendimiento de los cultivos.

Palabras clave: Déficit hídrico, hongos micorrícicos arbusculares, microbioma, salud del suelo, redes de co-ocurrencia.

INTRODUCCIÓN

La calidad biológica de los suelos puede definirse como la capacidad de un suelo para albergar una gran cantidad y diversidad de organismos vivos que intervienen en su funcionamiento y lo proveen de servicios ecosistémicos (Karimi et al., 2020). En los viñedos, la composición microbiana tiene gran importancia ya que parece ser el principal impulsor en la formación de las comunidades bacterianas y fúngicas asociadas con tejidos de vid, incluidas las

bayas, definiendo las características regionales del vino (Bokulich et al., 2014).

Muchas áreas vitícolas dependen del riego para la producción y las altas temperaturas están expandiendo su aplicación en zonas históricamente no regadas (Rienth y Scholasch, 2019). Sin embargo, el contenido hídrico del suelo afecta a las características del suelo y con ello, su composición microbiana (de Vries et al., 2018). Por otro lado, los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) son simbiontes naturales de las vides y su aplicación podría evitar algunos efectos perjudiciales de ambientes estresantes para las mismas (Torres et al., 2018). Sin embargo, investigaciones recientes sugirieron que los simbiontes afectan fuertemente el microbioma asociado a la planta (Uroz et al., 2019) aunque poco se conoce acerca de su efecto sobre las comunidades del suelo. Por ello, el objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de diferentes niveles de riego en combinación con la inoculación de HMA sobre las comunidades bacterianas y fúngicas del suelo de un viñedo joven en su primer año productivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal y diseño experimental

Este estudio se realizó en un viñedo de tres años de Merlot (clon 181) injertado sobre 3309C en el primer año productivo. Las cepas se plantaron en 2018 con una densidad de 3 × 2 m (línea × cepa), orientadas E-O en la estación experimental de Oakville, California (USA). La mitad de las plantas se inocularon con el inóculo micorrícico Myco Apply Endo Maxx (Mycorrhizal Applications LLC, OR, USA) diluido a una tasa de 10 g/1000 plantas, utilizando un pulverizador de presión manual, siguiendo las recomendaciones del fabricante. El inóculo contiene propágulos de *Rhizophagus intraradices, Funneliformis mosseae, Glomus aggregatum* y *G. etunicatum*. Con el fin de restaurar otros microorganismos de vida libre del suelo que acompañan a los HMA, las vides no inoculadas (NI) recibieron la misma cantidad de inóculo filtrado.

La evapotranspiración del cultivo de la vid (ET_c) se calculó multiplicando la evapotranspiración de referencia (ET_o, CIMIS #77) y el coeficiente del cultivo (K_c). La mitad de las plantas I y NI se regaron semanalmente con la cantidad de agua necesaria para un crecimiento expansivo completo (riego completo, FI). El riego FI coincidió con la cantidad de agua necesaria para restaurar el 100% de la ET_c, mientras que la otra mitad de las plantas I y NI recibieron la mitad de la cantidad de agua de las vides FI (HI). Cada una de las combinaciones de los tratamientos se aplicaron sobre 4 repeticiones con un diseño de bloques al azar de 10 plantas cada una.

Muestreo del suelo, extracción del ADN y secuenciación

Antes (no tratadas, NT) y tras tres meses de la aplicación de los tratamientos se recolectaron muestras de suelo de las mismas parcelas, de acuerdo con el protocolo establecido (Belda et al., 2017). El muestreo del suelo se realizó a 15-20 cm y a una distancia de 30 cm de los troncos de las vides, recopilando cuatro núcleos diferentes dentro de la parcela de 90 m^2/tratamiento-réplica con una cucharilla esterilizada. Las muestras de suelo se enviaron inmediatamente después para su análisis molecular al laboratorio Biome Makers en Sacramento, CA, USA. La extracción se realizó con el kit DNeasy Powerlyzer Powersoil (Qiagen, Alemania). Las bibliotecas se prepararon amplificando la región 16S rRNA V4 y la región ITS1 utilizando cebadores de Biome Makers® (Patente WO2017096385) mediante el protocolo de PCR de dos pasos de Illumina y se secuenciaron en un Illumina MiSeq. Los detalles de la secuenciación y la anotación taxonómica se realizó de acuerdo a lo descrito en

Torres et al. (2021).

Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron con R-Studio versión 3.6.1 (Boston, MA, USA). Se calcularon los índices de diversidad alfa (riqueza observada y Shannon) y se evaluaron con modelos lineales de efectos mixtos (LMEM) determinando los tratamientos y las repeticiones como factores fijos y aleatorios, respectivamente. La idoneidad del modelo se evaluó y se realizaron contrastes por pares utilizando el método de Kenward-Roger y el ajuste de Tukey. La diversidad beta se evaluó mediante el análisis permutacional de varianza (PERMANOVA) y de homogeneidad multivariante de las dispersiones de grupos (BETA-DISPER) de la tabla de OTUs cuyos resultados se visualizaron mediante el análisis de coordenadas principales (PCoA). Por último, se realizó un análisis de co-ocurrencia de especies basado en el modelo desarrollado por Veech (2012) que compara por pares de especies su presencia/ausencia utilizando la aleatorización (modelo nulo), para determinar qué pares de especies co-ocurren más (co-ocurrencia positiva) o con menos frecuencia (co-ocurrencia negativa) de lo esperado. Las referencias de los paquetes de R utilizados se encuentran en Torres et al. (2021).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diversidad alfa y diversidad beta de las comunidades microbianas de los suelos de viñedos

Las comunidades bacterianas y fúngicas en los suelos de viñedos se vieron afectadas tanto por el paso del tiempo como por la inoculación con HMA y el riego (Fig.1). La diversidad alfa bacteriana fue mayor que la fúngica (Fig. 1 A-D) ya que las bacterias probablemente desempeñan funciones más importantes que los hongos en los suelos de los viñedos (Liang et al., 2019). Además, éstos últimos se vieron más afectados por los tratamientos. Por el contrario, las comunidades bacterianas presentaron mayores diferencias en la diversidad beta (Fig. 1 E y F). Los análisis de PCoA sugirieron un efecto débil de la inoculación con HMA, mientras que el riego y la variación estacional tuvieron un efecto importante sobre la composición bacteriana del microbioma del suelo de viñedo. Así, la alteración de la humedad del suelo a través de las prácticas de riego puede influir en la abundancia, estructura y función de los microorganismos, lo que puede afectar al rendimiento de la vid (Holland et al., 2014). En general y de acuerdo a estudios previos las comunidades bacterianas se vieron afectadas en mayor medida que las fúngicas por los tratamientos y a las variaciones estacionales (Bokulich et al., 2014).

Redes de co-ocurrencia

El análisis de co-ocurrencia entre especies mostró que el tratamiento HI, en comparación con FI, aumentó la conectividad entre especies incrementando las asociaciones entre especies de hongos y especies de hongos y bacterias (Tabla 1). De manera similar, de Vries et al. (2018) mostraron que las redes bacterianas del suelo eran menos estables en sequía que las redes fúngicas ya que el estrés por sequía promovía la desestabilización de las redes de co-ocurrencia bacteriana a través de cambios en la composición de la vegetación y reducciones de la humedad del suelo. Por otro lado, la inoculación con HMA promovió las asociaciones positivas, en detrimento de las asociaciones negativas, entre especies. Estudios anteriores mostraron que la inoculación de plantas con bacterias promotoras del crecimiento condujo a asociaciones más complejas y compactas en su microbioma asociado (Shang et al., 2021). Todos estos cambios en las redes de conectividad presumiblemente se debieron a la modificación de las moléculas de señalización de

las plantas, las hormonas y la composición del exudado que tiene lugar con la simbiosis micorrícica y se sabe que modifican las características del suelo (Uroz et al., 2019). Por ello, sería interesando realizar más estudios que analicen los cambios en la composición de las comunidades microbianas tras la inoculación de HMA, así como las moléculas implicadas en la cascada de señalización que presumiblemente modifican las características del suelo y su microbioma asociado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Biome Makers por los análisis del microbioma de suelo. N. Torres y R. Yu fueron beneficiarios de contratos posdoctorales del Departamento de Viticultura y Enología de la Univ. de California, Davis, durante la realización de este estudio.

REFERENCIAS

Belda, I., Zarraonaindia, I., Perisin, M., Palacios, A., Acedo, A. 2017. From Vineyard Soil to Wine Fermentation: Microbiome Approximations to Explain the "terroir" Concept. Front. Microbiol. 8: 821.

Bokulich, N.A., Thorngate, J.H., Richardson, P.M., Mills, D.A. 2014. PNAS Plus: From the Cover: Microbial biogeography of wine grapes is conditioned by cultivar, vintage, and climate. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 111, E139–E148.

De Vries, F.T., Griffiths, R.I., Bailey, M., Craig, H., Girlanda, M., Gweon, H.S., Hallin, S., Kaisermann, A., Keith, A.M., Kretzschmar, M. 2018. Soil bacterial networks are less stable under drought than fungal networks. Nat. Commun. 2018, 9, 1–12.

Holland, T.C., Bowen, P., Bogdanoff, C., Hart, M.M. 2014. How distinct are arbuscular mycorrhizal fungal communities associating with grapevines? Biol. Fertil. Soils 50: 667–674.

Karimi, B., Cahurel, J.-Y., Gontier, L., Charlier, L., Chovelon, M., Mahé, H., Ranjard, L. 2020. A meta-analysis of the ecotoxicological impact of viticultural practices on soil biodiversity. Environ. Chem. Lett. 18: 1947–1966.

Liang, H., Wang, X., Yan, J., Luo, L. 2019. Characterizing the Intra-Vineyard Variation of Soil Bacterial and Fungal Communities. Front. Microbiol. 10, 1239.

Veech, J.A. A probabilistic model for analysing species co-occurrence. Glob. Ecol. Biogeogr. 2012, 22, 252–260.

Rienth, M. and Scholasch, T. 2019. State-of-the-art of tools and methods to assess vine water status. OENO One 53, 4.

Shang, J., and Liu, B. 2021. Application of a microbial consortium improves the growth of Camellia sinensis and influences the indigenous rhizosphere bacterial communities. J. Appl. Microbiol., 130, 2029–2040.

Torres, N., Antolín, M.C., Goicoechea, N. 2018. Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis as a Promising Resource for Improving Berry Quality in Grapevines Under Changing Environments. Front. Plant Sci. 9:897.

Torres, N., Yu, R., Kurtural, S.K. 2021. Inoculation with Mycorrhizal Fungi and Irrigation Management Shape the Bacterial and Fungal Communities and Networks in Vineyard Soils. Microorganisms 9: 1273.

Uroz, S., Courty, P.E., Oger, P. 2019. Plant Symbionts Are Engineers of the Plant-Associated Microbiome. Trends Plant Sci. 24: 905–916.

Tablas

Tabla 1. Grado de conexión de las comunidades bacterianas y fúngicas en suelos de viñedos plantados con Merlot regados con diferentes cantidades de agua (FI, riego completo, o HI, medio riego) o inoculación de HMA (I, inoculado, o NI, no inoculado).

	FI	HI	NI	I	FI	HI	NI	I	FI	HI	NI	I
	Conexiones positivas				Conexiones negativas				Conexiones totales			
Total	130	231	176	196	99	69	95	67	229	300	271	263
Bac-Bac	72	52	97	66	30	24	25	28	102	76	122	94
Fun-Fun	24	81	26	62	21	0	17	0	45	81	43	62
Bac-Fun	34	98	53	68	48	45	53	39	82	143	106	107

Figuras

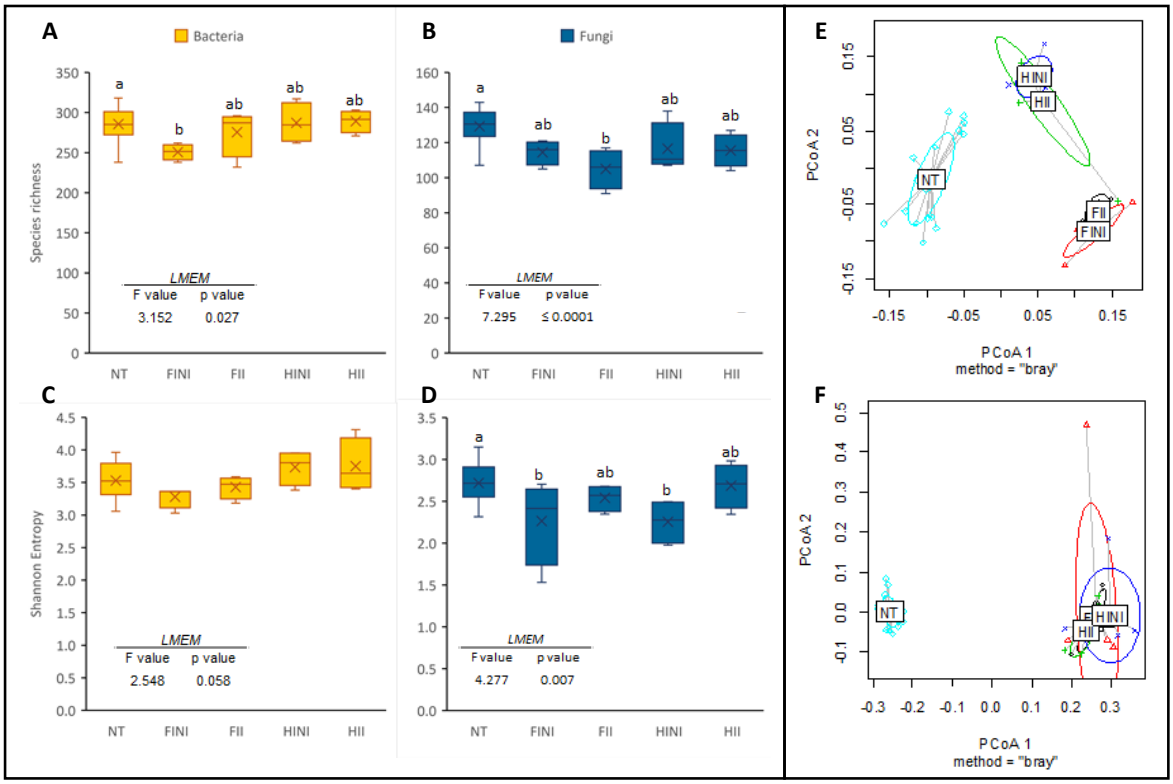


Fig. 1. Índices de riqueza de especies (A y B), diversidad de Shannon (C y D) y Análisis de coordenadas principales (PCoA) de la matriz de distancias de Bray-Curtis para las comunidades de bacterias (E) y hongos (F) encontradas en las parcelas antes (NT) y después de tratamientos basados en diferentes cantidades de riego (FI, totalmente regado, o HI, medio regado), en combinación con la inoculación con HMA (I, inoculado, o NI, no inoculado). Los valores en A-D representan medias ± SE (n = 4-16), separados por el método de Kenward-Roger y el ajuste del valor p de Tukey ($p \leq 0,05$). Las letras diferentes indican diferencias significativas, según se vean afectadas por la NT o la aplicación del tratamiento (FINI, FII, HINI o HII), según el modelo lineal de efectos mixtos.

Efectos del riego combinado con el mantenimiento del suelo mediante cubierta vegetal

S. Ibáñez, L. Rivacoba y E. García-Escudero

Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC, Universidad de La Rioja, Gobierno de La Rioja). Apartado Postal Nº 1.042 - 26080 Logroño. sergio.ibanez@icvv.es

Resumen

Este trabajo recoge los resultados de un ensayo planteado durante los años 2020 y 2021 en un viñedo de la variedad Tempranillo, situado en Rodezno (La Rioja), estudiando tanto el efecto del riego como el de la cubierta vegetal (mezcla de *Onobrychis viciifolia*, *Trifolium fragiferum*, *Lolium perenne* y *Festuca ovina*), en cuatro propuestas experimentales: laboreo, laboreo con riego, cubierta vegetal y cubierta vegetal con riego.

Como indicador del estado hídrico, se utilizó la medida del potencial hídrico de tallo, adoptando una estrategia de riego que plantea un déficit hídrico progresivo a medida que evoluciona el crecimiento de la baya. En las dos campañas analizadas, este déficit hídrico fue más relevante en los tratamientos con cubierta que en los labrados, sin convertirse en ningún caso en un factor limitante.

Mientras en la campaña de 2020 no se observaron diferencias significativas en los parámetros productivos entre tratamientos, en 2021 sí que se implantó un fuerte efecto competitivo de la cubierta, disminuyendo el rendimiento de la vid, especialmente en el tratamiento en secano. Por su parte, destacó el papel de la cubierta vegetal en la reducción del vigor de la cepa, así como la incidencia del riego en sentido contrario.

En cuanto a los parámetros de calidad del mosto y del vino, se observó una ligera tendencia hacia el incremento del pH en los tratamientos con riego, posiblemente debido al aumento de la asimilación del potasio. Asimismo, el riego aumentó el contenido en ácidos orgánicos y de azúcares. Por su parte, las condiciones de sequía en 2021 favorecieron la concentración de azúcares en las parcelas no regadas. En cuanto a los tratamientos con cubierta, tanto en regadío como sobre todo en secano, manifestaron un notable incremento en el contenido de antocianos y de polifenoles con respecto a los tratamientos labrados.

Palabras clave: Potencial hídrico, estrés hídrico, competencia, rendimiento, fotoasimilados.

INTRODUCCIÓN

Aunque habitualmente las cubiertas vegetales se han utilizado en zonas de pluviometría alta, se está extendiendo su utilización a zonas mediterráneas en las que se pueda disponer de agua de riego. Por tal motivo, el estudio del uso combinado de técnicas y estrategias de riego junto con la utilización de cubierta vegetal resulta interesante desde distintos puntos de vista. Por una parte, la acción de la cubierta vegetal estaría orientada hacia fases tempranas del ciclo vegetativo de la vid, entre brotación y cuajado, fase en la que la competencia que establece dicha cubierta con la planta permitiría obtener cepas con menor vigor y, por tanto, con menor necesidad hídrica, conservando o incluso mejorando la calidad de la uva en muchos casos (Ibáñez, 2015). En un periodo posterior, generalmente a partir de envero, entraría en juego la aplicación del riego, para lo que sería necesario establecer un adecuado manejo y monitorización del agua a aplicar, no solo por cuestiones de ahorro, sino para suministrar a la cepa lo que necesita en cada momento (Ojeda, 2006). Para ello resulta conveniente emplear indicadores que nos den información sobre el estado hídrico de la planta (Intrigliolo et al., 2007). Uno de ellos es el potencial hídrico foliar,

determinado mediante un método ampliamente empleado y validado como es el de la cámara de presión (Scholander et al., 1965).

MATERIAL Y MÉTODOS

Con las premisas planteadas en la parte introductoria, se ha llevado a cabo un ensayo, asociando el mantenimiento del suelo mediante cubierta vegetal con una estrategia de riego, en la que se ha tratado de imponer un déficit hídrico progresivo, desde brotación a maduración, que permitiese a la planta adaptarse en el tiempo al estrés hídrico que habitualmente se manifiesta durante el verano, pero sin que la sequía llegara a ser limitante. De este modo, se ha pretendido alcanzar un nivel de estrés hídrico moderado durante el envero que, sin afectar significativamente a la actividad de la cepa, favorezca la parada de crecimiento vegetativo y la acumulación de azúcares y compuestos fenólicos, mejorando así la calidad de la baya.

El diseño experimental se ha planteado, durante las campañas 2020 y 2021, en un viñedo de la variedad Tempranillo, conducido en doble cordón Royat y localizado en Rodezno (La Rioja). En el mismo, se han dispuesto los siguientes tratamientos: laboreo en secano (LAB), laboreo con riego (LAB-R), cubierta vegetal en secano (CUB) y cubierta vegetal con riego (CUB-R). Cada tratamiento ha contado con tres repeticiones y treinta cepas por repetición. La cubierta vegetal implantada ha sido una mezcla de gramíneas y leguminosas, con el objeto de promover la diversidad vegetal y aprovechar las ventajas que cada especie ofrece. De este modo, se ha aplicado una dosis de siembra de 15 kg/ha con un 35% de *Onobrychis viciifolia* (esparceta), un 25% de *Trifolium fragiferum* (trébol fresa), un 15% de *Lolium perenne* (ray-grass) y un 25% de *Festuca ovina*.

La determinación del estado hídrico se ha efectuado midiendo el potencial hídrico de tallo (Ψt) con la cámara de presión, procurando establecer en los tratamientos con riego un rango de Ψt comprendido entre -0,5 a -0,65 MPa desde brotación hasta mediados de la Fase II o de parada del crecimiento de la baya, manteniendo posteriormente Ψt entre -0,65 y -0,95 hasta la Fase III o de maduración, y fijando Ψt a partir de este momento y hasta vendimia un valor Ψt en torno a -0,95 MPa. Asimismo, se ha analizado la influencia que ejerce la combinación de los factores riego y mantenimiento del suelo en el viñedo, sobre los principales componentes de la producción y del crecimiento vegetativo, así como en parámetros de calidad del mosto y del vino.

El análisis estadístico de los datos resultantes se ha efectuado con el programa IBM SPSS, versión 26. Se han aplicado técnicas de análisis de la varianza (ANOVA) con el fin de conocer si existen diferencias en los distintos parámetros estudiados en función del tratamiento planteado. En los gráficos adjuntos, los asteriscos se refieren al nivel de significación. Así, *: $p<0,05$; **: $p<0,01$; ***: $p<0,001$. Por su parte, las letras distintas que siguen a los valores de cada variable, sirven para reflejar las diferencias entre tratamientos, estimadas mediante el test de separación de medias de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos para los distintos parámetros de producción, de vigor y de calidad del mosto y del vino quedan reflejados en la Tabla 1.Los tratamientos con riego se han ajustado con bastante precisión a los objetivos y rangos de potencial hídrico predeterminados, estableciéndose las diferencias entre riego y secano fundamentalmente a partir del momento de envero. Los tratamientos con laboreo han presentado potenciales hídricos por encima de los de cubierta, mostrando así un estado hídrico superior a estos.

Los resultados productivos presentan diferencias sustanciales según el año de estudio. De este modo, en la campaña 2020 los tratamientos con cubierta no ofrecieron diferencias

significativas en cuanto a rendimiento con respecto al laboreo, tanto en riego como en secano, mientras que en 2021 el efecto competitivo de la cubierta, marcado por un periodo estival muy seco, redujo en gran medida este parámetro, fundamentalmente en el tratamiento en secano. Sin embargo, el peso de la baya resultó más estable en los dos años de estudio, destacando el hecho de que la estrategia de riego planteada no originó bayas de mayor peso, como podría pensarse. Únicamente en el caso de la cubierta secano en 2021, se redujo el peso de baya de forma significativa respecto al laboreo, posiblemente por un exceso de competencia.

Del estudio de los distintos parámetros que intervienen en la acidez del mosto, cabe destacar que se ha detectado una ligera tendencia hacia el incremento del pH debido al riego. Analizando los distintos componentes de la acidez, se observa que el contenido de ácidos orgánicos se ha estimulado debido al riego, al igual que ha ocurrido con el potasio, que ve favorecida su acumulación tanto por la acción del riego como por la del laboreo, explicándose de este modo que los tratamientos en el los que el potasio tiene mayor relevancia incidan en niveles de pH más altos. Este efecto se produce de manera particular en la variedad Tempranillo, que cuenta con una marcada capacidad para acumular potasio en la baya, condicionando en gran medida su acidez a la presencia de este catión.

Por su parte, el grado alcohólico del vino ha reflejado un comportamiento variable según las características meteorológicas de cada campaña. Así, en un año «regular» como 2020, los tratamientos con riego han favorecido la síntesis de azúcares, mostrando un grado alcohólico más elevado que los de secano. Por el contrario, en el año 2021, con una sequía estival muy intensa y un reparto muy irregular de precipitaciones, que ha complicado el manejo del riego, la competencia de la cubierta vegetal con la vid ha limitado la producción de las cepas situadas sobre este sistema de mantenimiento del suelo, lo que ha repercutido en una mayor graduación alcohólica. En todo caso, en ambos años las diferencias no han resultado lo suficientemente amplias como para ser significativas. Del mismo modo, el contenido en antocianos y polifenoles del vino en 2020 ha marcado un mayor nivel, asociado tanto a la estrategia de riego como al efecto de la cubierta vegetal, mientras que en 2021 ha sido la cubierta vegetal, en riego y sobre todo en secano, la que ha marcado los índices más altos.

En lo relativo al vigor de la cepa, estimado a través del peso medio del sarmiento, ha quedado evidente el papel que ha jugado la cubierta vegetal en la limitación del mismo, así como la incidencia del riego en sentido contrario.

CONCLUSIONES

Como consideración final, podemos decir que la estrategia de riego planteada ha respondido a los objetivos previstos y que, en general, ha favorecido la acumulación de fotoasimilados en la baya. En cuanto a la cubierta vegetal, si bien es una herramienta sostenible para equilibrar la producción y el desarrollo vegetativo de la planta y mejorar la calidad del vino, sobre todo en lo relacionado con su carga polifenólica, resulta aconsejable controlar adecuadamente su desarrollo y el grado de competencia que establece con la vid, bien mediante la siega o bien mediante la implantación de especies de ciclo medio-corto que agosten pronto, preferentemente en torno al cuajado.

Agradecimientos

Este trabajo se enmarca dentro de las actuaciones del proyecto Estrategias y prácticas vitícolas sostenibles de adaptación al cambio climático (VITISAD), cofinanciado al 65% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del Programa Interreg V-A España-Francia-Andorra (POCTEFA 2014-2020).

Referencias

Ibáñez, S. 2015. Mantenimiento del suelo mediante cubiertas vegetales. Gobierno de La Rioja, Logroño.

Intrigliolo, D., Ferrer, P.J. y Castel, J.R. 2007. Monitorización del riego en vid. Fundamentos, aplicación y consecuencias del riego en la vid. Baeza, P., Lissarrague, J.R. y Sánchez, P., Madrid.

Ojeda, H. 2006. Modelo para el control del estado hídrico del viñedo en función del tipo de vino buscado. XXIX Congreso Mundial de la Viña y el Vino. Logroño, 25-30 junio.

Scholander, P., Hammel, H., Brandstreet, E. and Hemmingsen, E. 1965. Sap pressure in vascular plants. Science. 148: 339-346.

Tabla 1. Parámetros productivos, de vigor y de calidad del mosto y del vino

	Año	LAB-R	CUB-R	LAB	CUB	g.s.
Kg uva/cepa	2020	3,48	4,47	3,67	3,39	n.s.
	2021	4,06 a	2,32 bc	3,09 b	1,50 c	***
Peso 100 bayas (g) mosto	2020	226,85	237,73	233,43	215,85	n.s.
	2021	223,52 a	204,68 ab	230,15 a	175,17 b	**
Ácido tartárico (g/l) mosto	2020	7,02 a	6,98 ab	6,44 bc	6,18 c	**
	2021	7,00 a	6,68 ab	6,50 bc	6,23 c	***
Ácido málico (g/l) mosto	2020	3,04 a	2,70 ab	2,41 ab	1,98 b	*
	2021	2,66 a	2,09 ab	2,01 b	1,26 c	***
pH mosto	2020	3,42	3,40	3,33	3,32	n.s.
	2021	3,49 ab	3,61 a	3,45 b	3,46 b	*
Potasio (mg/l) mosto	2020	1.666 a	1.383 ab	1.260 ab	1.082 b	*
	2021	1.469 a	1.254 b	1.147 bc	995 c	***
Grado alcohólico (% vol)	2020	13,20	13,10	12,83	12,67	n.s.
	2021	14,30	15,07	14,35	14,83	n.s.
IPT (280 nm) vino	2020	42,81	44,24	39,23	45,63	n.s.
	2021	45,95 b	53,13 ab	44,67 b	56,93 a	*
Antocianos del vino (mg/l)	2020	631,93	643,43	567,56	627,34	n.s.
	2021	671,77 b	721,93 ab	700,50 b	765,20 a	*
Peso medio sarmiento (g)	2020	136,64 a	119,87 ab	97,62 bc	75,39 c	***

Grado de Significación (g.s.)

Variación de la fertilidad de suelos y calidad del mosto en el viñedo gallego.

M.D. Loureiro Rodríguez*, M.J. Graña Caneiro, A. Díaz-Fernández y E. Díaz Losada

Axencia Galega da Calidade Alimentaria (AGACAL)-EVEGA. Leiro, Ourense

**Autor/a: maria.dolores.loureiro.rodriguez@xunta.gal*

Resumen

Una fertilización inadecuada del viñedo puede conllevar bajas producciones, la obtención de uva de poca calidad, aumento del riesgo de *Botrytis cinerea* y de los costes de producción, así como la contaminación de aguas por filtración o escorrentía.
El proyecto piloto *Optimización de la fertilización del viñedo* (AC2021E-01), a realizar durante tres años, tiene como finalidad la fertilización sostenible del viñedo mediante el establecimiento de niveles de referencia para el abonado en las Denominaciones de Origen Ribeira Sacra, Valdeorras y Monterrei, y la posterior elaboración de una aplicación informática de fácil uso para el viticultor. Para ello, en el año 2021 se marcaron 31 parcelas en Ribeira Sacra, 23 parcelas en Valdeorras y 14 parcelas en Monterrei. Cada parcela se dividió en subparcelas, y en cada una se recogieron muestras de suelo para determinación de parámetros de fertilidad, y de uva para determinación de parámetros básicos de calidad de mosto.
Los resultados del análisis de los suelos mostraron diferencias significativas entre las distintas D.O. en todos los parámetros analizados, a excepción del contenido de sodio. La D.O. Ribeira Sacra presentó valores significativamente mayores de materia orgánica, calcio, relación C/N, capacidad de intercambio catiónico y relación calcio/magnesio con respecto a Monterrei y Valdeorras. En relación a la composición del mosto, se compararon entre sí las muestras de las D.O. Monterrei y Valdeorras por cultivarse en ambas D.O. la misma variedad, 'Godello'. Los resultados mostraron contenidos significativamente mayores de ácido tartárico, calcio y cobre y menores de nitrógeno amínico y potasio, así como un mayor grado Brix y menor pH en los mostos de la D.O. Valdeorras comparados con los de Monterrei.

Palabras clave: Fertilización, niveles de referencia, sostenibilidad, suelo, *Vitis vinifera*.

INTRODUCCIÓN

La obtención de una uva de calidad viene determinada por la consecución de un equilibrio vegetativo-productivo de las plantas. Este estado de equilibrio está influenciado por muchos factores, siendo uno de los más importantes su estado nutricional.

Una adecuada nutrición del viñedo permite mantener las cepas sanas y productivas, con un balance adecuado entre follaje y producción. El objetivo es conseguir una penetración óptima del aire, la luz y las pulverizaciones en el interior del dosel vegetal. De esta manera se mejora la fructificación, se reduce el riesgo de enfermedades y los costes de manejo, y se consigue una maduración adecuada. Una fertilización inadecuada puede originar desequilibrios nutricionales en la planta, exceso de sombreo, elevada humedad en el interior del dosel vegetal, más enfermedades, más tiempo dedicado al manejo de la vegetación y un mayor pH en los vinos, además de la contaminación de suelo y aguas en caso de exceso de fertilizantes, ya que

los no usados por las plantas son lixiviados al suelo y vertidos a las aguas superficiales y subterráneas, contribuyendo a intensificar los procesos de eutrofización.

El principal sistema de abonado de la viña en Galicia es la aplicación de abono orgánico y/o químico en profundidad o en superficie, empleándose fertirrigación en los viñedos de mayor extensión. En muchos casos los abonados se aplican siguiendo conocimientos tradicionales, si bien en los casos de mayor profesionalización se aplican en base a los resultados de analíticas de suelo. Sin embargo, en estos casos las recomendaciones no se basan en la demanda real de la planta, sino en recomendaciones establecidas para regiones vitivinícolas con condiciones muy diferentes a las de la región gallega.

A pesar de la importancia de una correcta fertilización, hasta hace poco tiempo no existía ninguna aplicación en Galicia que indicara a los viticultores cual era la fertilización más adecuada para sus viñedos en función del lugar geográfico y la variedad, resultante del conocimiento previo de las necesidades reales de las plantas. Recientemente, en el marco del proyecto FERVIÑA, la EVEGA-AGACAL ha llevado a cabo en las D.O. Rías Baixas y Ribeiro, en estrecha colaboración con la USC, FEUGA y el sector, el establecimiento de los niveles de referencia para hacer un diagnóstico nutricional y establecer patrones de abonado para la correcta fertilización de sus variedades emblemáticas (‘Albariño’ y ‘Treixadura’). En el año 2021 se comenzó el proyecto piloto *Optimización de la fertilización del viñedo* (AC2021E-01), cuya finalidad es ampliar el ámbito de estudio a las D.O. Ribeira Sacra, Valdeorras y Monterrei, y a las principales variedades que definen la producción en estas zonas (‘Mencía’ y ‘Godello’), con el fin de establecer niveles de referencia para el diagnóstico nutricional de estas variedades, establecer pautas de abonado sostenibles, y transferir este conocimiento al sector vitivinícola de estas D.O. para su implementación.

En este trabajo se exponen los resultados del primer año de estudio.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en las D.O. Ribeira Sacra, Valdeorras y Monterrei. En la D.O. Ribeira Sacra se marcaron 31 parcelas plantadas con la variedad Mencía. En la DO Valdeorras, 23 parcelas, y 14 en la D.O. Monterrei, en ambas D.O. con ‘Godello’. En cada parcela se establecieron 3 subparcelas en las que se marcaron 5 cepas contiguas en cada una. Todas las plantas tenían una edad superior a los 20 años, y estaban mayoritariamente plantadas con el portainjerto 110 R o el 1103 Paulsen.

Los parámetros medidos en cada subparcela fueron los siguientes:

Análisis de suelo: pH, materia orgánica, carbono, nitrógeno, relación C/N, fósforo, potasio, magnesio, calcio, sodio, aluminio, capacidad de intercambio catiónico efectiva, relación Ca/Mg, K/Mg, Ca/K.

Calidad de uva en vendimia: grado brix, grado alcohólico probable, pH, acidez total, ácidos málico y tartárico, calcio, cobre, magnesio, potasio, nitrógeno amínico y amoniacal.

Análisis estadístico: se realizó un análisis de varianza a los datos de suelo de las tres D.O. Respecto a la calidad de uva, se realizó un ANOVA comparando los mostos de las D.O. Valdeorras y Monterrei entre sí, ya que en ambas se cultiva la misma variedad, ‘Godello’.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros de suelo analizados mostraron diferencias significativas entre las tres D.O. (Fig. 1). Los suelos de la D.O. Ribeira Sacra presentaron niveles significativamente

mayores de materia orgánica, carbono y nitrógeno, relación C/N, calcio y capacidad de intercambio catiónico efectiva. Este superior porcentaje de materia orgánica en Ribeira Sacra con respecto a otras D.O. gallegas ha sido previamente reportado por Rodríguez (1996). Los suelos de Valdeorras se caracterizaron por poseer menores niveles de fósforo y potasio. Los suelos de la D.O. Monterrei se caracterizaron por un pH significativamente menor, mayor concentración de fósforo y potasio, y menor de magnesio y calcio. Los elevados valores de fósforo y potasio en esta D.O. indican excesivos abonados con fertilizantes, posiblemente del tipo N,P,K.

En el análisis de mostos de la variedad Godello, cultivada en las D.O. Valdeorras y Monterrei, se observaron diferencias significativas en un gran número de parámetros (Tabla 1). Los mostos de Valdeorras se caracterizaron por un mayor grado Brix, ácido tartárico, calcio y cobre en mostos, esto último debido a un mayor número de tratamientos fitosanitarios con este elemento. A este respecto, Fernández-Calviño et al (2009) detectaron valores muy superiores de cobre en suelo en Valdeorras con respecto a Monterrei. Los mostos de Monterrei presentaron valores superiores en cuanto a pH, nitrógeno amínico y potasio en mosto. Las elevadas concentraciones de potasio en mosto reducen la cantidad de ácido tartárico, incrementando de esta manera el pH (Kodur, 2011). El mayor contenido de potasio y el menor contenido en ácido tartárico de los mostos de esta D.O. se pueden asociar a su mayor concentración de potasio en suelo, ya que la precipitación fue similar en ambas D.O., y los portainjertos utilizados son los mismos.

En la actualidad se está procediendo al análisis de nutrientes en hoja y del mosto correspondiente a la vendimia del año presente.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está siendo financiado mediante la acción de cooperación para la implantación de proyectos piloto, desarrollo de nuevos productos, prácticas, procesos y tecnologías en los sectores agroalimentario, agrícola y forestal *Optimización de la fertilización del viñedo* (AC2021E-01), financiado al 75% con fondos FEADER, 22’5% Xunta de Galicia y un 2’5% del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

REFERENCIAS

Fernández-Calviño, D., Nóvoa-Muñoz, J.C., Díaz-Raviña, M., Arias-Estévez, M. 2009. Copper accumulation and fractionation in vineyard soils from temperate humid zone (NW Iberian Peninsula). Geoderma 153 (1–2): 119-129.

Kodur, S. 2011. Effects of juice pH and potassium on juice and wine quality, and regulation of potassium in grapevines through rootstocks (*Vitis*): a short review. *Vitis* 50 (1): 1-6.

Rodríguez, B. 1996. El cultivo de la vid en las comarcas del interior de Galicia: Fertilidad de los suelos y estado nutricional de las variedades autóctonas. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.

Tabla 1. Parámetros analizados en mosto de 'Godello' de las D.O. Valdeorras y Monterrei. Año 2021

	º Brix	Acidez total (g.L^{-1} a. tart)	pH	Grado alcohólico probable	GP/AT	Á. málico (g.L^{-1})	Á. tartárico (g.L^{-1})	N amínico (mg.L^{-1})	N amoniacal (mg.L^{-1})	Calcio (mg.L^{-1})	Cobre (mg.L^{-1})	Magnesio (mg.L^{-1})	Potasio (mg.L^{-1})
Valdeorras	21,72	6,42	3,24	12,58	2,01	2,49	6,99	109,20	85,85	48,9	1,3	77,3	1392,1
Monterrei	20,98	6,28	3,30	12,07	1,99	2,80	5,90	129,68	83,15	41,3	1,1	77,5	1528,0
Significación[1]	*	ns	*	*	ns	ns	***	**	ns	**	*	ns	**

[1]ns: no significativo; * p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001.

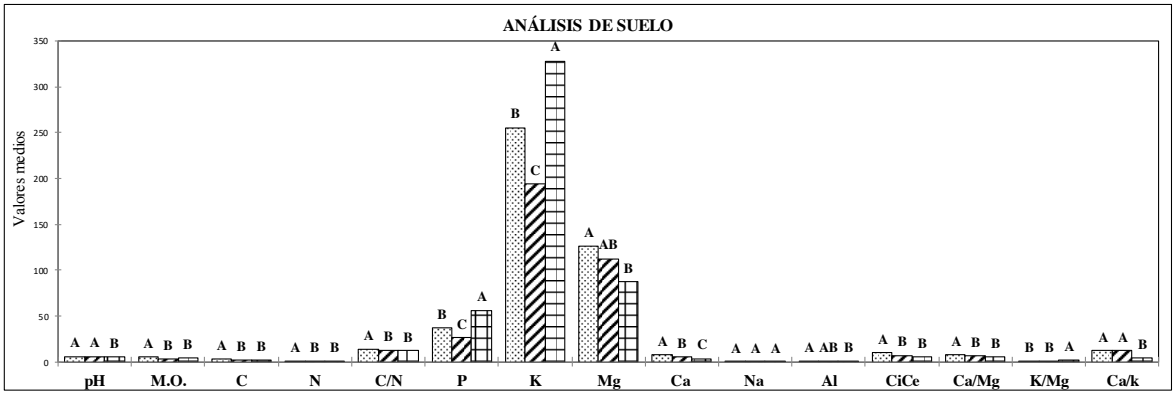


Fig. 1. Análisis de fertilidad en suelo. Año 2021. Parámetros con distinta letra entre las D.O. indican diferencias significativas. Punteado: D.O. Ribeira Sacra. Raya diagonal: D.O. Valdeorras. Rejilla: D.O. Monterrei.

¿Porque aplicamos restos de pizarra al viñedo y cómo puede afectar a la calidad de la uva?

Vilanova M. [1*], Fandiño M. [2], Rodríguez-Febereiro M. [2], Cancela J.J. [2]

[1] Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV), Consejo Superior de Investigaciones Científicas CSIC- Universidad de La Rioja-Gobierno de La Rioja, Carretera de Burgos, Logroño, Spain.

[2] GI-1716. Dpto. Ingeniería Agroforestal. Universidad de Santiago de Compostela. Escuela Politécnica Superior de Enxeñaría, Campus Universitario s/n, 27002, Lugo, Spain.

**Autor/a: mar.vilanova@csic.es*

Resumen

En Galicia se extrae, elabora y transforma una roca imprescindible para la construcción: la pizarra. El sector pizarrero español es el mayor suministrador de este mineral a nivel mundial, por delante de China y Brasil convirtiéndose en una industria fundamental para la economía gallega. Sin embargo, los residuos de esta industria suponen un grave problema aún sin resolver. Dadas sus características de durabilidad, aislamiento térmico e impermeabilidad de este mineral, en este trabajo nos hemos planteado aplicar restos de pizarra al viñedo con el objetivo de controlar la vegetación y la evaporación de agua del suelo, determinando el impacto sobre calidad de la variedad Mencía. Durante la campaña 2021 se aplicaron tratamientos de riego combinados con la aplicación de pizarra en la línea: T0P, recarga hídrica del perfil del suelo antes de brotación, manteniendo secano el resto del ciclo vegetativo; T1, riego diario (30 % ET_o) desde tamaño guisante hasta la vendimia; T3, riego dos veces por semana (30 % ET_o) tamaño guisante hasta la vendimia. Por otra parte, T0PSM, T1SM y T3SM, iguales a los anteriores respecto al riego aplicando restos de pizarra en la línea de cultivo. A nivel de parámetros químicos clásicos, los resultados mostraron un incremento de azúcares y un descenso de la acidez total y ácido tartárico en el tratamiento de secano con pizarra (T0PSM) frente al tratamiento sin pizarra (T0P). A nivel de metabolitos secundarios se observaron tendencias en T0P vs T0PSM, en el que la aplicación de pizarra en la línea provocó el incremento de compuestos glicosilados. En el tratamiento T03, los restos de pizarra mostraron una tendencia al incremento de los valores de compuestos volátiles. La mayor maduración que se observó en T1 provocó una mayor síntesis de compuestos responsables del aroma. Estos resultados son preliminares y deberán ser confirmados con más años de estudio.

Palabras clave: acolchado inorgánico, riego, metabolitos secundarios

INTRODUCCIÓN

La presencia de vegetación improductiva en la línea de viñedo compite por los recursos existentes en los suelos del viñedo, generando la necesidad de eliminarlos de forma sostenible con el medio ambiente. A pesar de la irregularidad de las precipitaciones, las condiciones de alta humedad existentes en Galicia, favorecen la presencia de malas hierbas en la línea del viñedo. Por lo tanto, se hace necesario la búsqueda de técnicas agronómicas que permitan la eliminación de malezas sin impactos negativos al medio ambiente a un bajo coste. Los acolchados y las cubiertas vegetales se han identificado como posibles alternativas a los herbicidas en

los viñedos. Sus beneficios incluyen la mejora de la estructura del suelo, la reducción de la erosión del suelo y el aumento de la infiltración de agua (DeVetter et al., 2015). Las técnicas agronómicas tradicionales basadas en el acolchado de grava se han estudiado en Suiza, EE. UU. y China, en viñedos y frutales. Estas técnicas se enfocaron en conservar la lluvia (Li, 2003), como alternativas a los químicos sintéticos utilizados en el manejo del suelo de viñedo (Bavougian y Read, 2018), para evitar la erosión y aumentar la temperatura del suelo y el contenido de agua del suelo (Nachtergaele et al., 1998), y mejorar la cantidad y calidad de la uva. Los principales problemas del acolchado con grava o inorgánico estaban relacionados con el coste del transporte y la introducción de prácticas agronómicas modernas (herbicidas), con un menor coste que las técnicas tradicionales. Teniendo en cuenta que el uso de herbicidas químicos puede causar problemas a corto plazo, se debe estudiar en profundidad la posibilidad de aplicar acolchado o compostaje, para limitar la presencia de malas hierbas en la línea del viñedo. La extracción de pizarra es una de las actividades industriales más importantes de Galicia, con una producción anual que supera las 500.000 T, de las que cerca del 90 % se exporta. En consecuencia, la extracción de pizarra a cielo abierto produce grandes cantidades de material de desecho, ya sea en actividades de extracción o de procesamiento. Estos residuos representan hasta el 95 % de la roca extraída, variando en tamaño desde bloques de roca (>10 cm) hasta lodos (Paradelo et al., 2007). Los residuos de lodo y pizarra restantes se almacenan en las canteras de pizarra. La presencia de este material en abundancia, que se considera un residuo y un problema ambiental, representa una oportunidad para el estudio de su aplicación en los viñedos que se encuentran en Galicia, y por tanto con un bajo coste de transporte. El objetivo de este trabajo fue estudiar los efectos de la aplicación de restos de pizarra en la línea del viñedo, bajo diferentes estrategias de riego, sobre la calidad de la uva obtenida en la campaña 2021.

MATERIAL Y MÉTODOS

El viñedo (variedad Mencía) se encuentra situado en Quiroga (Lugo, Galicia) a 42º28’16’’N,7º15’1’’O, con una extensión aproximada de 1,3 ha, (Figura 1). Los tratamientos experimentales han sido: T0P, recarga hídrica del perfil del suelo mediante riego antes de brotación, manteniendo el cultivo en secano el resto del ciclo vegetativo. T1, riego (30 % ET_o) diario y T3, riego (30 % ET_o) dos veces por semana ambos aplicados desde el estado de tamaño guisante hasta la vendimia. Además, se han aplicado otros tres tratamientos T0PSM, T1SM y T3SM, iguales a los anteriores, donde se les había incorporado restos de pizarra en la línea de cultivo, en el año 2019. Cada tratamiento cuenta con cuatro repeticiones con 7 plantas control cada una. Tras la vendimia realizada el 26 de septiembre de 2021, se tomaron muestras de uva, para su posterior análisis químico (OIV), así como los metabolitos secundarios en sus fracciones libre y glicosilada (Vilanova et al., 2012). Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y análisis de componentes principales (XLSTAT (Adinsoft, Paris).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de este primer año de estudio sobre la influencia de restos de pizarra en la línea de cepas y bajo diferentes estrategias de riego en la calidad de la uva muestran diferencias en la maduración, así como en su composición química.

Se observó una mayor maduración en T1, alcanzando un mayor ºBrix (25,7), un incremento del IPT y una menor acidez total (2,90 g/L) en los mostos respecto a los demás tratamientos analizados. Cuando a T1 se le aplicó pizarra en la línea (T1SM) se observó un

descenso en los parámetros de maduración, así el ºBrix descendió a 23,0 y la acidez total obtuvo un valor de 4,04 g/L. En el caso de T0 sucede lo contrario, ya que cuando se aplica pizarra en la línea (T0PSM) se produce una mayor maduración respecto a T0P.

A nivel de metabolitos secundarios responsables del aroma no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en este primer año de estudio, sin embargo se ha observado una tendencia al incremento de la fracción libre en T3SM frente a T3 y de la fracción glicosilada en T0PSM frente a T0P (Tabla 1). El ACP muestra la distribución de los tratamientos en función de la composición total de los mostos (Figura 2). Se ha observado un incremento de aldehídos en T0PSM frente a T0P. También se observó un incremento en C_{13}-norisoprenoides, en T1SM frente a T1, así como también ésteres, acetatos y alcoholes. C_{13}-norisoprenoides, compuestos con alto impacto en el aroma de los vinos, son sensibles a los cambios en el estado hídrico de la planta (Oliveira et al., 2003). Los compuestos C6, asociados con aromas herbáceos y falta de maduración (García-Esparza et al., 2018) muestran una tendencia a alcanzar mayores concentraciones en T0P y menores en T0PSM.

CONCLUSIONES

Este trabajo intenta presentar una alternativa a productos químicos sintéticos utilizados en el manejo del suelo de viñedo, intentando evitar la erosión y la evaporación del agua del suelo. Los resultados preliminares nos hacer intuir que puede ser una buena alternativa, ya que, combinado con determinados regímenes hídricos puede tener ciertas ventajas a nivel de retraso de maduración y mejora de la composición de la uva. Más años de estudio nos permitirán obtener conclusiones sólidas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación obtenida del Ministerio de Ciencia e Innovación, Programas Estatales de Generación de Conocimiento y Fortalecimiento Científico y Tecnológico del Sistema I+D+i orientada a Retos de la Sociedad, PID2019-105039RR-C44.

REFERENCIAS

Bavougian, C.M., Read, P.E. 2018. Mulch and groundcover effects on soil temperature and moisture, surface reflectance, grapevine water potential, and vineyard weed management. Peer J. 6, e5082.

García-Esparza M.J., Abrisqueta, I., Escriche, I., Intrigliolo, D.S., Álvarez, I., Lizama, V. 2018. Volatile compounds and phenolic composition of skins and seeds of 'Cabernet Sauvignon' grapes under different deficit irrigation regimes. Vitis, 57, 83–91.

DeVetter, L.W., Dilley, C.A., Nonnecke, G.R. 2015. Mulches reduce weeds, maintain yield, and promote soil quality in a continental-climate vineyard. Am. J. Enol. Vitic. 66(1), 54-64.

Li, X.Y. 2003. Gravel–sand mulch for soil and water conservation in the semiarid loess region of northwest China. Catena, 52(2), 105-127.

Nachtergaele, J., Poesen, J., Van Wesemael, B. 1998. Gravel mulching in vineyards of southern Switzerland. Soil Tillage Res. 46(1-2), 51-59.

Oliveira, C., Ferreira, A.C., Pinto, M.M.; Hogg, T., Alves, F., Guedes de Pinho, P. 2003 Carotenoid compounds in grapes and their relationship to plant water status. J. Agri. Food Chem. 51, 5967−5971.

Paradelo, R., Cendón, Y., Moldes, A.B., Barral, M.T. 2007. A pot experiment with mixtures of

slate processing fines and compost. Geoderma, 141(3-4), 363-369.
Vilanova, M., Genisheva, Z., Bescansa, L., Masa, A., Oliveira, JM. 2012. Changes in free and bound fractions of aroma compounds of four *Vitis vinifera* cultivars at the last ripening stages. Phytochem. 74, 196-205.

Tablas

Tabla 1. Composición química (media y desviación estandar; □g/L) de la uva Mencía (fracciones libre y glicosilada) en función de los tratamientos aplicados en el viñedo (riego y pizarra).

Tratamientos	Libre	Glicosilada
T0P	2263,8±960,2	1782,5±250,2
T0PSM	1598,3±685,9	2193,2±535,7
T1	2636,7±1087,4	1670,4±688,2
T1SM	2150,1±640,5	1450,2±718,8
T3	1732,8±288,8	2101,3±186,5
T3SM	1877,3±680,4	1261,2±275,4

Figuras



Fig. 1. Viñedo experimental con restos de pizarra en la línea (Quiroga, Galicia).

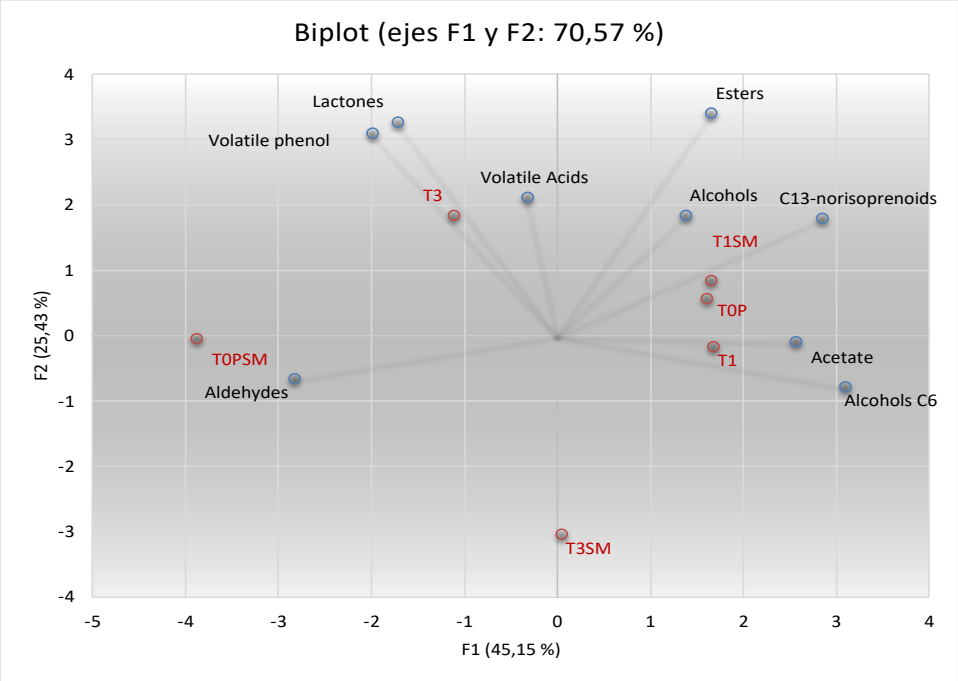


Fig. 2. Distribución de los tratamientos aplicados en el viñedo en función de la composición total del mosto (familias químicas) mediante análisis de componentes principales (ACP).

Aplicación de restos de pizarra en la línea del viñedo: parámetros productivos

Fandiño, M.[1], Rodríguez-Febereiro, M.[1], Teijeiro, M.T.[1], Vilanova, M.[2], Cancela, J.J.[1*]

Afiliación institucional

[1]GI-1716 – Universidad de Santiago de Compostela, Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, Rúa Benigno Ledo s/n 27002 – Lugo – España.

[2] Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV), Consejo Superior de Investigaciones Científicas CSIC-Universidad de La Rioja-Gobierno de La Rioja, Carretera de Burgos,Logroño, Spain.

Javier José Cancela: javierjose.cancela@usc.es

Resumen

El manejo de la cubierta vegetal en el viñedo requiere de la utilización de técnicas sostenibles que faciliten su control. En Galicia existen zonas de producción de pizarra, enfocada a usos constructivos, que generan una gran cantidad de residuos, difíciles de gestionar. La pizarra en si misma tiene propiedades físicas que mejoran el aislamiento, por lo que su aplicación en el viñedo para el control de las malas hierbas puede ser un uso alternativo. En el año 2019 se aplicó una capa de pizarra en la línea de un viñedo de la variedad 'Mencía', situado en Quiroga (Lugo), conducido en espaldera. Durante el año 2021 se implementó un tratamiento de riego por goteo diario (T1), a partir de tamaño guisante, cubriendo el 30% de la ET_o, así como un tratamiento secano (T0P), ambos con cuatro repeticiones de 7 plantas control. El segundo factor en estudio fue la presencia o no de restos de pizarra (SM) en la línea. Se analizaron los resultados en términos de la disponibilidad de agua en el suelo, así como los parámetros productivos obtenidos (producción, número de racimos y peso medio del racimo).

Los contenidos de agua en el suelo fueron superiores en T0PSM frente a T0P, en la parte inicial del ciclo, si bien para T1SM, se midieron valores inferiores en la mayor parte del ciclo del viñedo. Los resultados muestran una tendencia a mayores producciones por planta en los tratamientos con pizarra (T0PSM - 3,49 kg pl^{-1} y T1SM - 3,62 kg pl^{-1}). El número de racimos no mostro diferencias significativas entre tratamientos, a pesar de que T1 tuvo un mayor número de racimos, puesto que se obtuvo un peso menor del racimo, que para T1SM. El estudio debe ampliarse en las siguientes campañas para validar los resultados obtenidos.

Palabras clave: producción, agua en el suelo, acolchado, riego, IRRIVITIS.

INTRODUCCIÓN

Las técnicas agronómicas tradicionales basadas en el acolchado de grava se han estudiado en Suiza, EE. UU. y China, en viñedos y frutales. Estas técnicas se enfocaron en conservar la lluvia (Gale et al., 1993; Li, 2003), para evitar la erosión y aumentar la temperatura del suelo y el contenido de agua del suelo (Nachtergaele et al., 1998), donde el objetivo final

fue mejorar la cantidad y calidad de la uva. Los principales problemas del acolchado con grava o inorgánico estaban relacionados con el costo del transporte y la introducción de prácticas agronómicas modernas (aplicación de herbicidas). De esta forma, la extracción de pizarra es una de las actividades industriales más importantes de Galicia (España), donde su extracción a cielo abierto produce grandes cantidades de material de desecho, representando más del 90 % del material extraído, variando su tamaño desde pequeños bloques (>10 cm) hasta lodos (Paradelo et al., 2007). Los residuos de lodo y pizarra se almacenan en las canteras de pizarra (Oti et al., 2010), lo que genera una oportunidad para el estudio de su aplicación en los viñedos que se encuentran en Galicia, y por tanto con un bajo coste de transporte. En el presente trabajo se estudian los efectos de la aplicación de restos de pizarra en la línea del viñedo, bajo diferentes estrategias de riego, sobre el comportamiento del agua en el suelo, así como sobre los principales parámetros productivos, durante la campaña 2020-21.

MATERIAL Y MÉTODOS

El viñedo a estudio se encuentra situado en Quiroga (Lugo, Galicia) a 42 º 28' 16'' N, 7º 15' 1'' O, con una extensión aproximada de 1,3 ha, plantadas con la variedad 'Mencía'.

Los tratamientos experimentales han sido: T0P, recarga hídrica del perfil del suelo mediante riego antes de brotación, saturando el perfil del suelo hasta capacidad de campo, manteniendo el cultivo en secano el resto del ciclo vegetativo y T1, riego (30 % ET_o) diario aplicado desde el estado de tamaño guisante hasta la vendimia. Además, se han aplicado otros dos tratamientos T0PSM, T1SM, iguales a los anteriores, donde se les había incorporado restos de pizarra en la línea de cultivo, en el año 2019. El sistema de riego cuenta con emisores de 2 L. h^{-1}, situados a ambos lados de la planta. Cada tratamiento cuenta con cuatro repeticiones al azar con 7 plantas control, donde se ha realizado un equilibrado de carga. Se llevó a cabo el seguimiento del contenido de agua en el suelo, empleando sondas de acero inoxidable de 60 cm para su medida con un equipo TDR-100 (Campbell Scientific), , con dos puntos de medida por repetición. Durante la vendimia se determinó la producción por planta, así como el número y peso medio de los racimos, se ha analizado la desviación de los resultados obtenidos y el análisis de varianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evolución del contenido de agua en el suelo ha estado influenciada por la distribución de precipitaciones durante el año 2021, con precipitaciones en la segunda mitad de junio de más de 75 mm (Fig. 1). Además, puesto que los tratamientos secano (T0P y T0PSM) han sido recargados antes de la brotación, los valores del contenido de agua en el suelo parten de valores superiores a los tratamientos regados (T1 y T1SM), siendo estos últimos superiores al 15% a finales de julio, durante la fase de envero del cultivo. El efecto de la pizarra sobre el contenido de agua en el suelo, ha sido diferente en los dos tratamientos de riego, lo que puede ser debido a la variabilidad de las propiedades del suelo, así como a la ubicación de las sondas de TDR en el suelo, respecto a los emisores de riego (Fig. 1).

Los resultados productivos tras la vendimia, planta a planta, han mostrado una elevada variabilidad de resultados, tal y como se observa en los valores de la desviación estándar para cada parámetro (Tabla 1), no existiendo diferencias significativas entre tratamientos, para las variables estudiadas. En el caso de la producción por planta, es de 1,28 a 2,11 kg·planta^{-1}, lo que

al igual que para el contenido de agua en el suelo (Fig. 1), demuestra una homogeneidad en la plantación, tras la brotación. En cuanto al efecto de la pizarra y el riego, se ha observado un incremento del peso medio del racimo en los tratamientos con pizarra, respecto a los tratamientos sin pizarra, lo que finalmente ha generado un incremento en la producción total por planta en los tratamientos con restos de pizarra en la línea. No existen trabajos previos que permitan ampliar la discusión de los resultados, más lejos de los derivados del efecto del riego, donde al igual que en otros estudios para la variedad 'Mencía' (Fandiño et al., 2013), se obtienen producciones superiores en los tratamientos regados.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos son esperanzadores, puesto que se ha obtenido una mayor producción con el uso combinado de la aplicación de restos de pizarra en la línea y la aplicación de riegos diarios. Los efectos del contenido de agua en el suelo, difieren de lo esperado, puesto que en el tratamiento T1SM, el contenido ha sido inferior al tratamiento regado sin pizarra (T1). Las diferencias mostradas son pequeñas entre tratamientos, debido a la heterogeneidad de las medidas individuales en cada planta, por lo que se requiere una continuidad en el estudio, que corrobore los resultados obtenidos para una campaña.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación obtenida del Ministerio de Ciencia e Innovación, a través de las ayudas a Proyectos I+D+i, en el marco de los Programas Estatales de Generación de Conocimiento y Fortalecimiento Científico y Tecnológico del Sistema I+D+i y de I+D+i orientada a los Retos de la Sociedad, PID2019-105039RR-C44.

REFERENCIAS

Fandiño, M., Martínez, E.M., Rey, B.J., Cancela, J.J. 2013. Valoración agronómica de la fertirrigación sobre *Vitis vinifera* cv. Mencía-DO Bierzo (España). En: I Jornadas Grupo Viticultura y Enología de la SECH. Actas Horticultura 70, 331-337.

Gale, W. J., McColl, R. W., Fang, X. 1993. Sandy fields traditional farming for water conservation in China. Journal of soil and water conservation, 48(6), 474-477.

Li, X.Y. 2003. Gravel–sand mulch for soil and water conservation in the semiarid loess region of northwest China. Catena, 52(2), 105-127.

Nachtergaele, J., Poesen, J., Van Wesemael, B. 1998. Gravel mulching in vineyards of southern Switzerland. Soil and Tillage Research, 46(1-2), 51-59.

Oti, J.E., Kinuthia J.M., Snelson D.G., Bai J. 2010. Applications of slate waste material in the UK. Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 163(1), 9.

Paradelo, R., Cendón, Y., Moldes, A.B., Barral, M.T. 2007. A pot experiment with mixtures of

slate processing fines and compost. Geoderma, 141(3-4), 363-36

Tabla 1. Parámetros productivos del viñedo por tratamiento: Riego y pizarra. ANOVA

Tratamiento	**nº racimos**	**Peso medio racimo (g)**	**Producción por planta (kg pl^{-1})**
T0P	12,43 (6,11) [I]	241,87 (63,82) [I]	2,98 (1,58) [I]
T0PSM	13,18 (4,40)	253,52 (74,20)	3,49 (1,71)
T1	14,67 (5,56)	224,81 (58,78)	3,20 (1,28)
T1SM	14,07 (5,52)	244,41 (72,23)	3,62 (2,11)
p-valor	0,793	0,697	0,743

[I] Valores entre paréntesis representan la desviación estándar. T0P, recarga hídrica del perfil del suelo mediante riego antes de brotación, saturando el perfil del suelo hasta capacidad de campo, manteniendo el cultivo en secano el resto del ciclo; T0PSM, idéntico a T0P incorporando restos de pizarra en la línea; T1, riego (30 % ET_o) diario aplicado desde el estado de tamaño guisante hasta la vendimia; y T1SM, idéntico a T1 incorporando restos de pizarra en la línea.

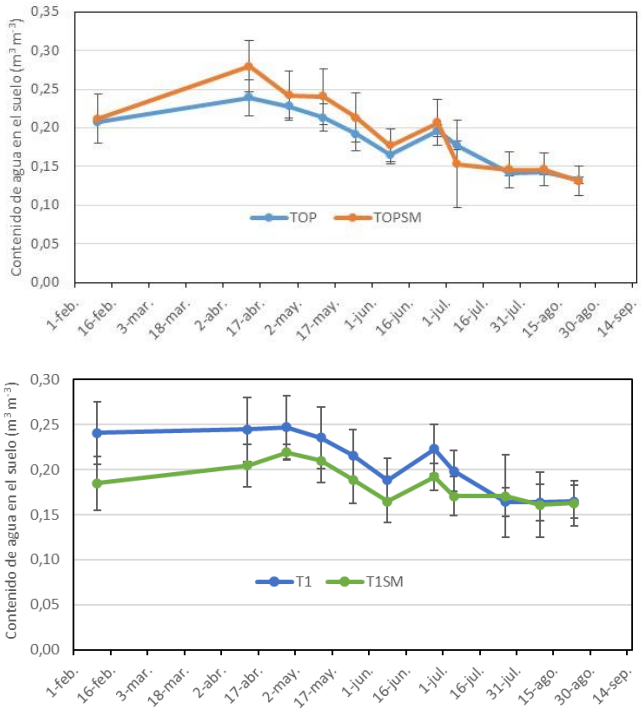


Fig. 1. Evolución del contenido de agua en el suelo (m^3 m^{-3}) en el año 2021. T0P, recarga hídrica del perfil del suelo mediante riego antes de brotación, saturando el perfil del suelo hasta capacidad de campo, manteniendo el cultivo en secano el resto del ciclo; T0PSM, idéntico a T0P incorporando restos de pizarra en la línea; T1, riego (30 % ET_o) diario aplicado desde el estado de tamaño guisante hasta la vendimia; y T1SM, idéntico a T1 incorporando restos de pizarra en la línea. Barras de error, representan desviación estándar.

Evaluación de los suelos de la zona vitivinícola de Montilla-Moriles para producción y calidad enológica: influencia del manejo

Jesús Palma[1], Juan Manuel León-Gutiérrez[2], María del Carmen del Campillo[1], Antonio Rafael Sánchez-Rodríguez[1], Pilar Ramírez Pérez[2].
[1] Departamento de Agronomía, Universidad de Córdoba, Campus de Rabanales, Edif. Celestino Mutis, 14014 Córdoba, España.

[2] Centro IFAPA "Cabra", Antigua Ctra. Cabra-Doña Mencía, Km. 2,5, 14940 Cabra, España.

Autor para correspondencia: juan.leon@juntadeandalucia.es

Resumen

El objetivo de este estudio fue caracterizar los suelos de viñedos (*Vitis vinifera*) localizados en áreas características de la Denominación de Origen (DO) Montilla-Moriles, para identificar potenciales indicadores de producción y calidad del vino. Para ello, se seleccionaron seis fincas representativas de zonas, a priori, de distinta calidad de suelo: alta calidad y suelos que pueden presentar algunos factores limitantes para el cultivo del viñedo, denominados *ruedos*. En las seis parcelas, se evaluó el perfil del suelo *in situ* y se recogieron muestras a distinta profundidad que fueron posteriormente analizadas. Además, se recopilaron datos de las parcelas y del viñedo (altitud, edad de la plantación, variedad, portainjerto, producción, madera y parámetros indicadores de calidad del mosto). Se observó que los suelos de los viñedos localizados en zonas de alta calidad, tuvieron mayores contenidos en limo y mayor disponibilidad de determinados nutrientes en los horizontes que forman parten de la profundidad efectiva del suelo. Además, fue posible diferenciar las parcelas de alta calidad de la subzona de alta calidad "Sierra de Montilla", con suelos con mayor contenido de carbonatos, menor capacidad de intercambio catiónico y mayor disponibilidad de Fe, que los de la subzona, también de alta calidad, "Moriles Altos". Por otra parte, se encontraron diferencias entre los suelos de las zonas de calidad y los "ruedos" (con mayor contenido en arena). Finalmente, se observó que los parámetros enológicos evaluados estuvieron más influenciados por las características propias del viñedo que por el suelo.

Palabras clave: estudio edafológico, Calcisol, Pedro Ximénez, rendimiento, *Vitis vinífera*.

INTRODUCCIÓN

La DO Montilla-Moriles, se sitúa entre 300 y 600 metros de altitud y posee un clima mediterráneo con cierta influencia continental. Su litología es variada, con predominio de arenas, limos y margas amarillas, margas blancas con intercalaciones arenosas, calcarenitas y material del Triásico. La variedad principal de la DO es la variedad 'Pedro Ximénez' (*Vitis vinífera* L.), la cual ocupa el 95% de su superficie vitícola. Esta DO engloba diecisiete municipios del sur de la provincia de Córdoba y en ella pueden señalarse dos subzonas denominadas de calidad superior como son "Sierra de Montilla" y los "Moriles Altos" asociadas tradicionalmente a sus especiales

propiedades edafológicas. Por otra parte, existen los suelos denominados “ruedos” los cuales pueden presentar algunos factores limitantes para el cultivo del viñedo como una textura arcillosa e hidromorfismo, mayores pendientes y, por consiguiente, una mayor erosión.

Problemas como el descenso en el consumo de vinos generosos, la escasa rentabilidad de las explotaciones vitícolas o el auge experimentado por el olivar, han ido ocasionando una bajada de la superficie total de viñedo de esta DO. Asimismo, la escasa información existente de los suelos de la zona y la antigüedad de los que hay (García del Barrio et al., 1980), hace necesario realizar estudios de caracterización y análisis más actualizados para el sector. Por ello, este trabajo pretende describir las principales propiedades físico-químicas y evaluar los suelos de viñedos pertenecientes a zonas de distinta calidad potencial de la DO Montilla-Moriles, para identificar posibles indicadores de producción y calidad del vino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron seis parcelas representativas de la DO Montilla-Moriles. Dos están localizadas en la zona denominada “ruedos”, y tienen suelos de una calidad media: Cañada la Partera (Aguilar de la Frontera) y Cañalerma (Montilla). Otras dos están situadas en la subzona “Sierra de Montilla” considerada de suelos de calidad superior: Los Raigones (Montilla) y Cañada Navarro (Montilla). Finalmente, otras dos están localizadas en la subzona “Moriles Altos”, también considerada de suelos de calidad superior: Melgar (Moriles) y Casablanca (Moriles).

Las fincas seleccionadas se visitaron en distintas ocasiones, para realizar las calicatas, y posteriormente, para realizar la evaluación de los perfiles del suelo y recogida de muestras, así como una visita final para confirmar y completar la información obtenida.

A continuación, las muestras de suelo recogidas en campo se colocaron en papel de filtro y se dejaron secar a temperatura ambiente durante una semana. Posteriormente, se tamizaron a 2 mm y se colocaron en recipientes identificados correctamente para la realización de los análisis: determinación de la textura, materia orgánica (MO), carbonatos, caliza activa, pH, conductividad eléctrica (CE), capacidad de intercambio catiónico (CIC) y micronutrientes como (Fe, Cu, Zn y Mn). El estudio se completó con datos de rendimiento, vigor (Cabezas et al., 2022) y enológicos de las mismas parcelas (Tabla 1).

Además, se realizó un análisis de componentes principales utilizando el programa SPSS (IBM SPSS Stadistics, v. 25) en el que fueron incluidos variables del suelo, de las fincas, de vigor y de calidad. Las variables del suelo utilizadas en el análisis de componentes principales fueron ponderadas en función de la profundidad de cada horizonte respecto a la profundidad efectiva de cada calicata.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con los resultados de los análisis de laboratorio y la evaluación de suelos realizada in situ, se clasificaron los suelos de las seis parcelas experimentales como Anthraltic Calcixerepts

(USDA, 2014), debido a la mezcla de horizontes producidas por las labores profundas realizadas por los agricultores. En cuanto a la clasificación según la FAO (2014), todos los suelos quedaron clasificados dentro del grupo de los Calcisoles, por del contenido en carbonato cálcico presente, llegando a superar el 70% de la composición del suelo en Cañada Navarro y en Los Raigones. Además, salvo Melgar que se clasificó como Cambic Calcisol, debido a la presencia de un horizonte cámbico a menos de 50 cm, los demás quedaron clasificados como Haplic Calcisol.

La Tabla 1 muestra los datos enológicos de las uvas procedentes de las diferentes parcelas en los años 2016, 2017 y 2018. Cañalerma obtuvo el mayor contenido en sólidos solubles en 2016 y 2017, y Melgar en 2018. Los valores de acidez total en ningún caso superan los 5,5 g/L de ácido tartárico. Estos valores bajos son típicos de los climas cálidos, aún más cuando se busca un contenido de sólidos solubles tan elevado en la uva como en la zona de la DO Montilla-Moriles.

Tabla 1. Datos enológicos de las parcelas para los años 2016, 2017 y 2018.

Parámetro	Cañalerma	Casablanca	Cañada Navarro	Los Raigones	Melgar	Cañada la Partera
Tipo de suelo (FAO)	Haplic Calcisol (Hypercalcic)				Cambric Calcisol (Ochric)	Haplic Calcisol (Ochric)
2016						
Peso de 100 bayas (g)	265,5	142,0	118,1	149,4	115,3	--
Sólidos solubles (ºBrix)	25,8	23,0	22,6	24,9	22,9	--
Alcohol probable (% v/v)	15,38	13,44	13,17	14,76	13,38	--
pH	3,84	3,86	3,80	3,83	3,51	--
Acidez total (g ácido Tartárico $L^{-1)}$	3,4	3,4	3,2	3,6	4,8	--
2017						
Peso de 100 bayas (g)	190,2	131,1	92,8	155,5	97,3	186,4
Sólidos solubles (ºBrix)	28,1	26,2	23,2	28,0	26,3	22,6
Alcohol probable (% v/v)	17,00	15,63	13,58	16,93	15,70	13,17
pH	3,87	3,81	3,73	4,01	3,61	3,88
Acidez total (g ácido Tartárico L^{-1})	4,1	4,5	3,9	4,1	5,5	3,8
2018						
Peso de 100 bayas (g)	217,9	201,8	215,0	265,4	172,2	203,2
Sólidos solubles (ºBrix)	26,3	25,5	22,3	23,4	28,6	23,6
Alcohol probable (% v/v)	15,73	15,14	12,87	13,72	17,36	13,86
pH	3,34	3,65	3,47	3,53	3,55	3,65
Acidez total (g ácido Tartárico L^{-1})	4,8	3,4	3,7	4,2	3,9	3,8

La Fig. 1 muestra el biplot resultante del análisis de componentes principales al que se sometieron los resultados de los diferentes parámetros evaluados. Las cuatro parcelas ubicadas en zonas de calidad (Cañada Navarro, Casablanca, Los Raigones y Melgar) están asociadas a parámetros indicadores de las características propias del suelo y del viñedo. Un contenido en limo superior, y mayores concentraciones del nutriente crítico P y los micronutrientes Zn y Fe al

DTPA (lábiles) son las propiedades predominantes de los suelos de estas cuatro parcelas. Sin embargo, Cañalerma se situó alejada de las variables del suelo y estuvo más relacionada con las variables productivas y enológicas. Por último, Cañada la Partera se asocia con un mayor contenido en Mn DTPA (lábil), mayor contenido en arena y mayor relación óxidos de Fe poco cristalinos (Feox)/caliza activa.

Se comprueba que los viñedos localizados en las zonas de calidad, tanto en la Sierra de Montilla como en los Moriles Altos están muy caracterizados por las propiedades del suelo; especialmente, el contenido en limo, la disponibilidad de nutrientes como el P y de micronutrientes como el Fe y el Zn. Además, entre las parcelas de calidad, los de la "Sierra de Montilla" (Cañada Navarro y Los Raigones) poseen suelos con mayor contenido en carbonatos, una CIC menor y una mayor disponibilidad de Fe, en comparación con los suelos de los "Moriles Altos" (Casablanca y Melgar). Por otro lado, se observan leves diferencias entre los suelos de "ruedos" y los de las zonas de calidad mediante las seis parcelas estudiadas, en cuanto a un mayor contenido de arena.

Finalmente, se puede decir que los parámetros enológicos estudiados, independientemente del sistema de conducción, están más influenciados por las características propias del viñedo que por el suelo. Si bien es necesario profundizar en esta línea para futuros estudios, incluyendo también parámetros del vino producido por las uvas de dichas parcelas.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido elaborado bajo el Proyecto de Transferencia y Cooperación en Vitivinicultura Andaluza (TRANSVITI) PP.TRA.TRA2019.007 del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA), cofinanciado al 80% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, dentro del Programa Operativo FEDER de Andalucía 2014-2020. Además, el Departamento de Agronomía de la UCO (DAUCO) es Unidad de excelencia María de Maeztu, financiado por la Agencia Estatal de Investigación (Ref. CEX2019-000968-M).

Referencias

Cabezas, J.M., León, J.M., Repiso, L.J. y Ramírez, P. 2022. Influencia de distintos sistemas de conducción en el rendimiento y desarrollo vegetativo de la variedad Pedro Ximénez. Actas de Horticultura 91: 1-4.

FAO. 2014. Base referencial mundial del recurso suelo, actualización 2015 (106).

García del Barrio Ambrosy, I., Sanz Carnero, F. y López Bellido L. 1980. El viñedo, el clima y el suelo de Montilla-Moriles. Ministerio de Agricultura, Madrid.

USDA. 2014. Claves para la taxonomía de los suelos, decima segunda edición.

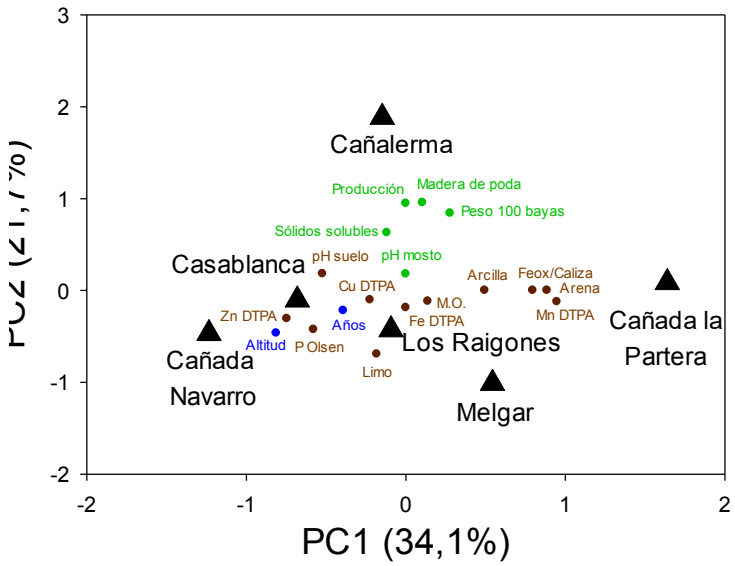


Fig. 1. Análisis de componentes principales. En negro, las parcelas del estudio; en azul, las características propias del viñedo; en verde, las características enológicas del mosto extraído; y, en marrón, los parámetros físico-químicos estudiados del suelo.

“Suelos Vivos”: Regenerando la vida de los suelos de viñedos gaditanos

Raúl Ochoa-Hueso[1*], Emma Cantos-Villar[2], Belén Puertas[2], Miguel Lara[2], Isabel M. Liberal[1], Juan F. Aguiar[1], Ramón Casimiro-Soriguer[1], María L. Muñoz[1], M. Dolores de Toro[3], Leovigilda Ortiz-Medina[3], Manuel Delgado-Baquerizo[4], Alberto León[3], Mar Morales Ariza[3], Ascensión Rojas[3], Inmaculada León[5], Luis Sánchez[5], Primitivo Collantes[6], Sebastián Aragón[7] y Manuel Manzano[8]

[1]Departmento de Biología, Área de Botánica, Universidad de Cádiz, Instituto de Investigación Vitivinícola y Agroalimentaria (IVAGRO), Avenida República Árabe Saharaui, 11510, Puerto Real, Cádiz, España. [2]IFAPA Rancho de la Merced, Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible, Junta de Andalucía, 11471 Jerez de la Frontera, España. [3]Consorcio Campus de Excelencia Internacional en Agroalimentación (ceiA3), C. Alfonso XIII, 13, 14001 Córdoba, España. [4]Laboratorio de Biodiversidad y Funcionamiento Ecosistémico. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS), CSIC, Av. Reina Mercedes 10, E-41012, Sevilla, España. [5]Asociación de Jóvenes Agricultores de Cádiz (ASAJA Cádiz), C. del Transporte, 2, 11591 Jerez de la Frontera, Cádiz, España. [6]Bodegas Primitivo Collantes, C. Ancha, 51, 11130 Chiclana de la Frontera, Cádiz, España. [7]Bodega Manuel Aragón S.L., Carretera Nacional Cádiz-Málaga Km, 12,2, 11130 Chiclana de la Frontera, Cádiz, España. [8]Bodega Cooperativa de Vinos de Chiclana. Unión de viticultores chiclaneros. C. la Madera, 5, 11130 Chiclana de la Frontera, Cádiz, España. *Raúl Ochoa-Hueso*: rochoahueso@gmail.com*

Resumen

Los viñedos son fundamentales para la economía y ecología de la provincia de Cádiz, que es la provincia andaluza con mayor superficie dedicada a este tipo de cultivo. Tradicionalmente los viñedos gaditanos albergaban una gran biodiversidad de plantas, insectos, y aves. Sin embargo, la intensificación de la viticultura y el uso excesivo del arado, fertilizantes, y pesticidas han resultado en viñedos altamente erosionados, biológicamente empobrecidos, y mucho más susceptibles a patógenos y plagas. El objetivo de esta comunicación es presentar el Grupo Operativo “Suelos Vivos” de la Asociación Europea de Innovación (AEI), liderado por la Universidad de Cádiz. Este Grupo Operativo, formado por cinco entidades miembros y tres entidades colaboradoras, lidera actualmente un proyecto titulado “Regenerando vida en suelos de viñedos gaditanos”. La finalidad de este proyecto es desarrollar e implementar estrategias innovadoras destinadas a la gestión sostenible de los suelos de viñedos de la provincia de Cádiz con el objetivo de acelerar la transición ecológica de los viñedos gaditanos y contribuir a aumentar su valor añadido y a mejorar la calidad de los vinos. Para ello, llevamos a cabo un programa ambicioso que incluye prácticas innovadoras de manejo integrado sostenible, incluyendo el uso de: (i) inoculantes microbianos; (ii) cubiertas vegetales con especies nativas; y (iii) ganado ovino para el control de la vegetación herbácea como sustituto del arado y tareas de desbroce mecánico. El Grupo Operativo “Suelos Vivos” utilizará una combinación altamente innovadora de ensayos de laboratorio, invernadero, y campo, contará con un elaborado plan de difusión entre los viticultores y bodegueros de la provincia de Cádiz, y participará en eventos destinados a la innovación en el sector agrícola a nivel nacional e internacional.

Palabras clave: Biodiversidad, Cubierta vegetal, Ganado ovino, Inoculantes microbianos, Manejo integrado, Microbioma.

INTRODUCCIÓN

Los viñedos son uno de los cultivos perennes más importantes en áreas con clima mediterráneo como los de Andalucía, donde cubren una porción significativa de la tierra, representan un patrimonio cultural de valor incalculable, y son un motor estratégico de la economía, así como la fuente de ingresos para muchas familias andaluzas (Rodríguez García et al., 2010; Miguel-Aristu et al., 2019). De hecho, los viñedos son uno de los cultivos más importantes por su extensión en la provincia de Cádiz, que es, además, la provincia andaluza con mayor superficie dedicada a este tipo de cultivo (9,830 ha). Como lo demuestran las fuentes históricas, tradicionalmente los viñedos andaluces albergaban una gran biodiversidad de plantas, insectos, y aves. Sin embargo, la intensificación de la viticultura y el uso excesivo del arado, los fertilizantes, y los pesticidas han resultado en viñedos altamente erosionados, biológicamente empobrecidos, y mucho más susceptibles a los patógenos y plagas (Altieri and Nicholls, 2002; Schütte et al., 2020). Esto ha derivado en una demanda creciente de agroquímicos, con consecuencias negativas para los productores y la calidad de sus productos (es decir, uvas de mesa o vino). Una de las regiones de Andalucía que se ha visto particularmente afectada por la degradación ecológica es la región vinícola del Marco de Jerez (Schütte et al., 2020), en la provincia de Cádiz, mundialmente famosa por sus vinos generosos y de crianza biológica, y cuyos orígenes se remontan a los fenicios, lo que conlleva importantes consecuencias culturales, económicas, y ecológicas. Por tanto, es necesario repensar los sistemas de producción actuales, incluyendo la viticultura, para asegurar su sostenibilidad ambiental y económica a corto, medio, y largo plazo, y recuperar el papel de los viñedos gaditanos como reservorios y generadores de riqueza ecológica, económica, y social. Para ello es clave el fomento de la innovación, la cooperación, y el desarrollo de la base de conocimientos en las zonas rurales.

De cara a adaptarse a una agricultura sostenible, los agricultores deberán reducir el uso de químicos, evitar la degradación del suelo, y minimizar las inevitables pérdidas de rendimiento. Sin embargo, la presión económica impuesta a los productores y manufactureros debido a la competencia con los mercados emergentes, que contribuyen a reducir el precio de las materias primas y procesadas, plantea un desafío añadido sobre cómo restaurar simultáneamente la biodiversidad y la función de los agroecosistemas al tiempo que se aumenta el margen de beneficios para los productores y el resto de la cadena de mercado. Por otro lado, otro desafío fundamental de la intensificación sostenible de los sistemas de producción agraria, incluidos los viñedos, es reducir el hambre y la pobreza mediante la producción de cantidades crecientes de alimentos, piensos, y bioenergía para una población mundial en crecimiento, pero con una pérdida mínima de biodiversidad y funcionamiento ecosistémico, según los Objetivos 2 y 15 de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible. En los sistemas de cultivo convencionales intensivos en recursos los rendimientos son altos, pero la biodiversidad del suelo y el funcionamiento ecosistémico a menudo se reducen (Matson et al., 1997), y las redes tróficas del suelo se simplifican notablemente (Tsiafouli et al., 2015; Banerjee et al., 2019). Estos efectos en las comunidades y procesos del suelo dejan un legado que puede ralentizar o incluso negar la transición a sistemas agrícolas más sostenibles (Mariotte et al., 2018). En contraste, se espera que la agricultura basada en la naturaleza proporcione una alternativa más sostenible para el medio ambiente, aunque suele producir rendimientos más bajos (Reganold and Wachter, 2016), particularmente en los primeros años después de la conversión de la agricultura convencional a la sostenible (Schrama et al., 2018). La viabilidad de esta conversión podría, por lo tanto, estar limitada por el tiempo necesario para adaptar las propiedades y la biodiversidad del suelo al nuevo

régimen de gestión; es decir, el reciclaje de la materia orgánica del suelo como fuente de nutrientes elementales, y el uso de compost, abono verde, y enemigos naturales microbianos y faunísticos en lugar de fertilizantes artificiales y agroquímicos de síntesis.

Para contribuir a solucionar este desafío actual, el proyecto "Regenerando vida en suelos de viñedos gaditanos", del Grupo Operativo (GO) de la Agencia Europea de Innovación (AEI), desarrollará estrategias de gestión sostenibles de los suelos de viñedos y zonas aledañas de pastizal de la provincia de Cádiz a través del: (i) desarrollo y aplicación de inoculantes microbianos comerciales de eficacia probada y diseñados a partir de suelos previamente recolectados en la provincia que contengan comunidades microbianas especialmente funcionales, (ii) uso de cubiertas vegetales con especies nativas, y (iii) uso integrado de ganado ovino para el control de la vegetación herbácea como sustituto del arado y tareas de desbroce mecánico. El GO está formado por ocho miembros: (i) Universidad de Cádiz [UCA], (ii) Universidad Pablo de Olavide [UPO], (iii) Asociación de Jóvenes Agricultores de Cádiz [ASAJA-Cádiz], (iv) Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario [ceiA3], (v) Bodega Primitivo Collantes S.L., (vi) Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA-Rancho de la Merced), (vii) Bodega Manuel Aragón S.L., y (viii) Bodega Cooperativa Unión de Viticultores Chiclaneros. Contar con agricultores, viticultores, enólogos, bodegueros, y empresarios reconocidos y altamente respetados en la provincia de Cádiz como parte integrante de los diferentes miembros del GO será clave para multiplicar el impacto real de este proyecto de cara a la innovación en el campo gaditano, y para que permee entre los diferentes actores sociales potencialmente implicados.

MATERIAL Y MÉTODOS

El proyecto de "Suelos Vivos" implicará la caracterización de la biodiversidad de suelos (hongos, bacterias, y micro- y macrofauna) procedentes de muestreos intensivos llevados a cabo en viñedos de la provincia de Cádiz, con especial énfasis en viñedos de la Denominación de Origen Jerez-Xérès-Sherry. Un segundo paso crítico implicará el desarrollo de los aspectos técnicos que nos permitan crecer poblaciones microbianas objetivo seleccionadas en base a la biodiversidad y funcionalidad de las muestras previamente mencionadas. Posteriormente, estos inoculantes microbianos se someterán a ensayos en condiciones de invernadero y de campo para una amplia gama de variedades de uva localmente relevantes. Además, estudiaremos la interacción entre la adición de bioestimulantes microbianos y otras técnicas de conservación del suelo en agroecosistemas como son el uso de cubiertas vegetales, así como el uso de ganado ovino para el control de las hierbas adventicias en las calles de los viñedos y de la vegetación de pastizal circundante. Este objetivo se llevará a cabo de forma coordinada en dos viñedos perteneciente a la "Bodega Primitivo Collantes S.L.", en Chiclana de la Frontera, un viñedo perteneciente a la "Bodega Manuel Aragón S.L.", en Chiclana de la Frontera, y un viñedo del IFAPA "Rancho de la Merced", Jerez de la Frontera. Las uvas obtenidas de estos ensayos se emplearán, además, para hacer distintos vinos que serán catados y evaluados por un panel de expertos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esperamos que la adición de los inoculantes microbianos generados durante el proyecto contribuya a mejorar la resiliencia de los viñedos ante la presencia de plagas y enfermedades, así como a mejorar la cantidad y calidad de las cosechas. Además, esperamos que dichos efectos de los inoculantes sean más evidentes con presencia de cubierta vegetal. Finalmente, esperamos que la presencia de ganado ovino durante momentos clave del año tenga efectos positivos sobre el funcionamiento del suelo en los viñedos.

El proyecto del GO "Suelos Vivos" pretende contribuir a resolver una de las necesidades más apremiantes de nuestra sociedad global durante los próximos 10-15 años: el diseño y la implementación de una transición sostenible a una agricultura basada en la naturaleza que pueda alimentar a los 9.8 miles de millones de personas que se prevé que poblarán el planeta para 2050 y que al mismo tiempo salvaguarde la biodiversidad y el funcionamiento de los agroecosistemas y los numerosos servicios que brindan a la humanidad.

AGRADECIMIENTOS

R.O.H. está financiado por el programa Ramón y Cajal del MICINN (RYC-2017 22032), por el Proyecto de I+D+i del Ministerio de Ciencia e Innovación PID2019-106004RA-I00 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033, y por el programa José Castillejo" del "Ministerio de Universidades" (CAS21/00125). M.D-B. y R.O.H. también están financiados por el proyecto del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y la Consejería de Transformación Económica, Industria, Conocimiento y Universidades de la Junta de Andalucía (FEDER Andalucía 2014-2020 Objetivo temático "01 - Refuerzo de la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación"): P20_00323 (FUTUREVINES) y P20_00879 (ANDABIOMA). El Proyecto "Regenerando vida en suelos de viñedos gaditanos" del Grupo Operativo "Suelos Vivos" está financiado por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) a través de las "Ayudas a Grupos operativos de la Asociación Europea de Innovación (AEI) en materia de productividad y sostenibilidad agrícolas", Referencia: GOPC-CA-20-0001.

REFERENCIAS

Altieri, M.A. and Nicholls, C.I. 2002. The simplification of traditional vineyard based agroforests in northwestern Portugal: Some ecological implications. Agrofor. Syst. 56:185–191.

Banerjee, S., Walder, F., Büchi, L., et al. 2019. Agricultural intensification reduces microbial network complexity and the abundance of keystone taxa in roots. ISME J. 13:1722–1736.

Mariotte, P., Mehrabi, Z., Bezemer, T.M., et al. 2018. Plant–soil feedback: Bridging natural and agricultural sciences. Trends. Ecol. Evol. 33:129–142.

Matson, P.A., Parton, W.J., Power, A.G. and Swift, M.J. 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. Science 277:504–509.

Miguel-Aristu, J., Pérez-Guerrero, S,, Avivar-Lozano, L., et al. 2019. Efectos del manejo del viñedo sobre la biodiversidad de artrópodos epiedáficos en Andalucía oriental (España). Rev. Ecosistemas 28:115–125.

Reganold, J.P. and Wachter, J.M. 2016. Organic agriculture in the twenty-first century. Nat. Plants 2:15221.

Rodríguez García, J., López-Guzmán, T. y María, S. 2010. Turismo del vino en el Marco de Jerez. Un análisis desde la perspectiva de la oferta. Cuad. Tur. 2010:217–234

Schrama, M., de Haan, J.J., Kroonen, M., et al. 2018. Crop yield gap and stability in organic and conventional farming systems. Agric. Ecosyst. Environ. 256:123–130.

Schütte, R., Plaas, E., Gómez, J.A. and Guzmán, G. 2020. Profitability of erosion control with cover

crops in European vineyards under consideration of environmental costs. Environ. Dev. 100521.
Tsiafouli, M.A., Thébault, E., Sgardelis, S.P., et al. 2015. Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. Glob. Chang. Biol. 21:973–985.

Influencia del factor edad del viñedo sobre la absorción mineral del cv. Tempranillo

I. Martín*, A. Pou, J. Martínez, L. Rivacoba, J. Portu, D. Labarga, A. Mairata, E. García-Escudero

Instituto de Ciencia de la Vid y del Vino-ICVV (Gobierno de La Rioja, Universidad de La Rioja, CSIC). Finca La Grajera. Ctra. Burgos km. 6. 26071 Logroño (La Rioja)

**Ignacio Martín Rueda: ignacio.martin@icvv.es*

Resumen

El estado nutricional de la planta depende principalmente de la disponibilidad y equilibrio de nutrientes en el medio, de la disponibilidad hídrica y de la capacidad para su absorción. La variedad y el portainjerto también condicionan el estado nutricional de la planta, tanto por generar las diferencias de potencial hídrico, como por la absorción misma, la capacidad de acumulación y de transporte de nutrientes, desarrollo vegetativo o producción de biomasa.

Este trabajo evalúa la influencia de la edad de un viñedo del cv. Tempranillo (*Vitis vinifera* L.), injertado en 1991, en la absorción de nutrientes, considerando tres períodos: Joven (≤4 años), Maduro (≥28 años), y Plena Producción entre ambos. Se determinaron las concentraciones (mat.seca) de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, B y Na en limbos y pecíolos en floración y envero, componentes de la producción, madera de poda y de calidad de la uva: pH, ºAlcohólico probable, acidez total, ácidos tartárico y málico, y concentración de K. Se aplicó un análisis de la Varianza Multivariante de dos factores (portainjerto y edad) y posterior comparación de medias (Duncan, $p<0.05$). Los resultados muestran la mayor producción y consumo de nutrientes de la Plena producción junto a la limitación del viñedo joven para explorar el suelo. El más maduro muestra diferencias debidas a la absorción de recursos de zonas más profundas del suelo.

Palabras clave: nutrición, nutrientes, elementos esenciales, producción, análisis de uva.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo vegetativo y radicular es determinante en la capacidad de absorción de nutrientes y de agua. El viñedo joven explora inicialmente las zonas superficiales y profundizará cuando se reduce la disponibilidad hídrica y nutricional en superficie. De este modo, viñedos en suelos con baja disponibilidad o muy arenosos, que drenan y secan rápido, fomentarán la exploración en profundidad para buscar recursos, pudiendo alcanzar zonas con diferente composición físico-química. En este trabajo se evalúa las diferencias, a lo largo de tres períodos de edad, en la absorción y translocación de nutrientes, la producción y las características cualitativas de la uva en un viñedo injertado con el cv. Tempranillo en Rioja.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudió una parcela (1992-2021) de *Vitis vinifera* L., injertada en 1991 (cv. Tempranillo, clon RJ-78) sobre cuatro portainjertos: 110-Richter, 1103-Paulsen, 41-B y 161-49 Couderc, dispuestos al azar en un diseño con 4 bloques a modo de repeticiones. Las categorías de Edad planteadas corresponden a tres períodos: Joven (≤4 años: 1992-1994), Plena Producción (1996-2003) y Maduro (≥28 años: 2018-2021). La parcela está situada en Aldeanueva de Ebro (La Rioja, España) a una altitud de 340 m, pendiente del 2,5%, densidad de plantación de 3.086 cepas•ha^{-1}, conducción en espaldera (Cordón Royat doble), 10-12 yemas·cepa^{-1},

orientación NE-SO y riego localizado. El manejo incluye laboreo convencional, control de vegetación y tratamientos fitosanitarios.

El suelo se clasifica como *Haploxerepts* típico (USDA), con textura franca hasta 2 m., sin limitaciones a nivel físico-químico, con pH elevado (8,30 hasta 60 cm), baja conductividad eléctrica (CE) (0,18 mS/cm) y contenido en materia orgánica (1,03%). Se observa presencia moderada de carbonatos (12,8%) y de caliza activa (5,3%), que aumenta en profundidad (26,2% y 11,6%, respectivamente), junto con la CE (0,27 mS/cm). Asimismo, no se observan desequilibrios nutricionales destacables excepto una relación K/Mg algo elevada. Las precipitaciones acumuladas medias (1998-2021) entre noviembre y floración alcanzaron los 284 mm, registrándose 61 mm adicionales hasta envero. Las precipitaciones mostraron ciclos secos (6 años), húmedos (4 años) y en la media los restantes cuatro años.

El estado nutricional del viñedo se evaluó a partir del análisis mineral de limbo y pecíolo en floración y envero (Romero et al., 2010), determinándose: N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, B y Na (expresado respecto a materia seca). La producción de biomasa y el rendimiento se evaluó contabilizando pulgares, pámpanos y racimos por cepa, el peso de uva y de los racimos, así como el peso de la madera de poda, calculándose el Índice de Ravaz.

El estudio estadístico incluyó el análisis de la Varianza, mediante Modelo Lineal General Multivariante con dos factores (portainjerto y edad del viñedo), y prueba post-hoc de separación de medias mediante el Test de Duncan, con un nivel de confianza $p \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción media de la parcela experimental en los años ensayados osciló entre los 3,05 kg·cepa^{-1} de 2021 y los 6,20 kg·cepa^{-1} vendimiados en 2020, por lo que se constataría la ausencia de carencias nutricionales importantes durante el estudio. En cuanto a la edad del viñedo, se observaron diferencias claras en la producción (Fig. 1), oscilando entre los 4,60 kg·cepa^{-1} en los viñedos en plena producción y los 3,99 kg·cepa^{-1} obtenidos en el viñedo joven, sin que el viñedo más envejecido mostrase diferencias entre ambos (Fig. 1). El peso de racimo no mostró diferencias, oscilando entre 332 g en plena producción y 302 g en el viñedo joven. Así mismo, el vigor del viñedo en plena producción destacó claramente frente al viñedo joven y el más maduro, como consecuencia de la mayor producción de biomasa, como sugieren las diferencias en el peso de la madera de poda (Fig. 1).

Diferencias en el estado nutricional del viñedo

Respecto a la capacidad de absorción de nutrientes, limbos y pecíolos mostraron resultados muy similares, con concentraciones en general más bajas en floración para la plena producción en elementos de alta demanda o de baja disponibilidad en el suelo, como N y Mg (Fig. 2). Asimismo, se observaron fenómenos de concentración de nutrientes ligados a menor producción de biomasa y uva, tal como indica el índice de Ravaz en el viñedo joven (Fig. 1), acumulando N, K y Ca, elementos no limitantes, mientras que otros más escasos en este suelo, como P o Mg, se ven limitados por su menor desarrollo radicular (Fig. 2). Respecto al viñedo más maduro, el Na sería un elemento muy clarificador, al mostrar una elevada concentración tanto en floración como en envero, lo que mostraría que está explorando zonas más profundas del suelo, con mayor CE y mayor presencia de Na. Esto coincidiría con la menor concentración de P y K respecto a la plena producción, a pesar de sus mayores requerimientos (Fig. 1 y 2).

En envero (Fig. 2), con la ralentización del desarrollo vegetativo, la planta

acumula nutrientes si hay disponibilidad, observándose mayor concentración de K, P o Ca en plena producción frente al más maduro, probablemente por explorar distintas zonas del suelo. En este sentido, el viñedo más maduro consigue mayor concentración de N en envero, ya sea por su menor desarrollo vegetativo o por la mayor presencia de N en horizontes más profundos.

Los micronutrientes (Fig. 3), habitualmente limitantes en condiciones de pH elevados, mostrarían en general, para el viñedo joven, efectos de concentración debido a su menor producción de biomasa y uva. En menor medida, el viñedo más maduro mostraría algo similar para el B, y el Fe en floración, frente a la plena producción. Sin embargo, en envero, la plena producción equilibra sus concentraciones mientras que el maduro, con menor disponibilidad en las zonas más profundas, marcaría la menor concentración de Fe (Fig. 3).

Respecto a la calidad de la uva, el mayor desarrollo vegetativo de la plena producción, a igualdad de rendimiento de uva, permitió un mayor grado alcohólico probable y acidez respecto al viñedo más maduro, con un pH ligeramente mayor debido a la mayor transferencia de K al racimo (Fig. 1).

Agradecimientos

Trabajo financiado por la Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de La Rioja (PRs-01-18 al 21, y anteriores).

Referencias

Romero, I.; García-Escudero, E.; Martín, I. 2010. Effects of leaf position on blade and petiole mineral nutrient concentration of Tempranillo grapevine (*Vitis vinifera* L.). Am. J. Enol. Vitic. 61: 544-550.

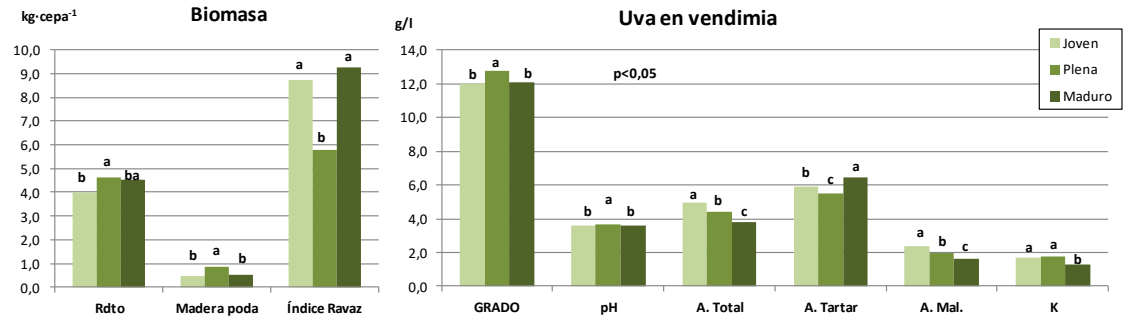


Figura 1. Estimación de la biomasa y características cualitativas de la uva en vendimia.

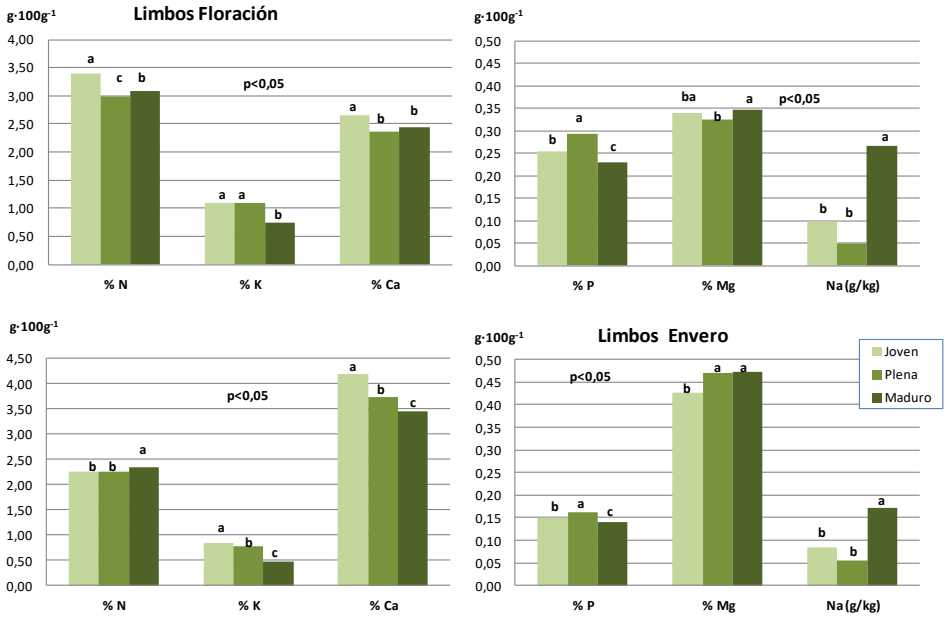


Figura 2. Concentración de macronutrientes en limbo para floración y envero.

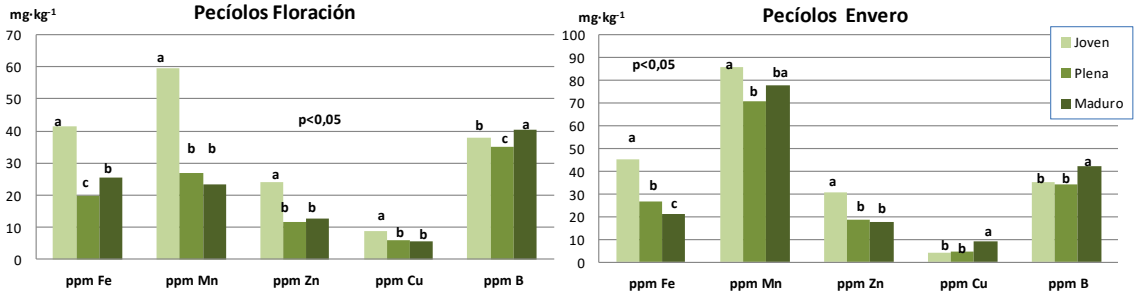


Figura 3. Concentración de micronutrientes en pecíolo para floración y envero.

Cómo influyen las cubiertas vegetales temporales en la maduración de la uva de la variedad Pedro Ximénez cultivada en ecológico

J.M. León[1], J.M. Cabezas[2] y P. Ramírez[1]
[1] Centro IFAPA "Cabra", Antigua Ctra. Cabra-Doña Mencía, Km. 2,5, 14940 Cabra, España.
[2] Centro IFAPA "Alameda del Obispo", Avda. Menéndez Pidal s/n, 14004 Córdoba, España.
Autor para correspondencia: juan.leon@juntadeandalucia.es

Resumen

El uso de las cubiertas vegetales para el manejo del suelo en viñedos es una alternativa muy interesante sobre todo en los viñedos con pendiente, por el control de la erosión que ejercen. Sin embargo, en zonas donde las precipitaciones son escasas y las temperaturas elevadas y más aún en viñedos de secano, los viticultores tienen sus reservas a la hora de implantarlas por la competencia que pueden ejercer con la vid. Frente al laboreo tradicional, la cubierta vegetal puede provocar la reducción del desarrollo vegetativo de las plantas y de la producción, e influir en la composición de la uva. En este trabajo se ha comparado la evolución de la maduración de la uva de un viñedo ecológico con cubierta vegetal sembrada frente a otra con laboreo en cepas cv. Pedro Ximénez. Las cubiertas han acelerado el ritmo de acumulación de sólidos solubles en la uva logrando niveles óptimos para la elaboración de vinos generosos, mientras que, con el laboreo, estos niveles se alcanzaron en fechas posteriores, e incluso hay años en los que no se llegó a conseguir.

Palabras Clave: laboreo, potencial hídrico, sólidos solubles, vino generoso.

INTRODUCCIÓN

El destino principal del cultivar 'Pedro Ximénez' (*Vitis vinífera* L.) en la DOP Montilla Moriles es la elaboración de vinos generosos como el fino y vinos dulces naturales, para los cuales es necesario vendimiar con contenidos en sólidos solubles muy elevados, no admitiéndose en muchos lagares partidas de uva con menos de 23,5 ºBrix. En plantaciones nuevas con clones y portainjertos más vigorosos y emplazados normalmente en terrenos más fértiles, donde las producciones son más elevadas si, además, las condiciones meteorológicas son suaves, pueden no alcanzarse valores de sólidos solubles tan altos como los exigidos para la elaboración de estos vinos en la zona y, por tanto, el precio abonado por kilo de uva es menor.

En trabajos anteriores, el uso de cubiertas vegetales temporales en Pedro Ximénez ecológico presentó diferencias con respecto al laboreo que a priori son inconvenientes, como es una menor producción, menor desarrollo vegetativo y una maduración más temprana de la uva (Ramírez et al., 2022). Todo ello depende del tipo y manejo de la cubierta, así como de las reservas hídricas del suelo, que condicionan la competencia por el agua con las plantas (Ramírez y Lasheras, 2015). Si el estrés hídrico llega a ser severo a partir del envero, comprometería la madurez óptima de la uva, tanto en lo que concierne a la síntesis de azúcares, como a los aromas y polifenoles (Girona et al., 2009).

El objetivo de este trabajo es comparar la influencia que ejerce la cubierta vegetal temporal frente al laboreo en la maduración de la uva de la variedad Pedro Ximénez cultivada en ecológico en una zona de clima mediterráneo con veranos secos y calurosos como es Montilla-Moriles.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se ha llevado a cabo en el trienio 2019-2021 en un viñedo experimental perteneciente al IFAPA, situado en Cabra (Córdoba) (37º30´N, 4º26´W y 560 m de altitud). El clima de la zona es mediterráneo, con cierto carácter continental, con veranos calurosos llegando la temperatura a sobrepasar los 40ºC e inviernos moderadamente fríos, con temperaturas no menores de -4ºC. La textura del suelo es franco-arcilloso-arenoso. El material vegetal utilizado fueron cepas cv. Pedro Ximénez (*Vitis vinifera* L.), sobre el portainjerto 140 R, conducidas en espaldera, con un marco de plantación de 2,5 x 1,2 metros, con orientación Este-Oeste, podadas en cordón doble, con una carga de 16 yemas por cepa. El manejo del cultivo ha sido en ecológico y en secano. El diseño del ensayo ha sido en bloques al azar con cuatro repeticiones. Cada parcela elemental consta de una fila de 75 cepas con el mismo tratamiento de manejo de suelo en las dos calles. Entre parcelas se mantiene una línea guarda de cepas. Los tratamientos aplicados han sido:

L: Laboreo convencional.

CVS: Cubierta vegetal sembrada.

El laboreo se realizó en primavera y otoño mediante pase de cultivador. La cubierta vegetal estuvo compuesta por una combinación de semillas de ocho especies (*Bromus parodii* Covas & Itria, *Lolium perenne* L., *Festuca rubra* L., *Bromus rubens* L., *Trifolium repens* L., *Centaurium erithraea* Rafn, *Anthemis arvensis* L. y *Papaver rhoeas* L.), sembrada a una dosis de 250 kg/ha. En primavera se realizaron uno o dos desbrozados según el año para retirar la cubierta. La flora arvense de la línea de cepas se controló mediante laboreo con intercepas en invierno y desbrozadora de hilo en primavera en ambos tratamientos.

Desde envero hasta vendimia se midió semanalmente el potencial hídrico xilemático (Ψ_s) al mediodía utilizando una cámara de Scholander (Choné et al., 2001). Paralelamente se tomaron muestras de uva para realizar el control de maduración en el que se determinó el peso de 100 bayas, el contenido en sólidos solubles, pH y acidez total. Se realizaron dos controles de vendimia, uno cuando el tratamiento CVS alcanzó la concentración de sólidos solubles entre 23,8 y 25,3 ºBrix, lo que supone 14,0-15,0 de alcohol probable (% v/v) y otro para comprobar si L llegaba al nivel de concentración de CVS sin perder calidad sanitaria y sin que se produzca un exceso de sobremaduración.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El potencial hídrico de tallo a mediodía medido desde envero hasta el segundo control de vendimia se representa en la Fig. 1. Desde la primera medida, ambos tratamientos presentaron niveles de estrés hídrico entre -0,98 y -1,37 MPa, valores correspondientes a estrés medio-fuerte a fuerte-severo (Ojeda et al., 2001). En 2019 los dos tratamientos mantuvieron un nivel de estrés entre fuerte y severo con altibajos. En 2020, los niveles iniciales de estrés fueron de fuerte a severo, tras lo cual, debido a una precipitación de 2,5 mm, acompañada de unos días de temperaturas más suaves para la zona se desplazaron hasta niveles de estrés medio a fuerte, y finalmente el estado hídrico de la cepa fue de estrés severo. En 2021 la maduración fue muy corta, y a las dos primeras semanas en un nivel de estrés medio a fuerte, siguieron dos semanas de estrés severo. En los tres años el potencial hídrico de tallo fue menor en CVS en las primeras medidas hasta un momento en el que se invirtió este comportamiento y los potenciales hídricos más bajos se registraron en L.

En general, a lo largo de la maduración el peso de las bayas fue superior en L que en CVS (Fig. 2), coincidiendo este resultado con los hallados previamente con otros efectuados en la misma variedad (Ramírez et al., 2022). En 2019, se observó en ambos tratamientos un

incremento del peso de baya desde el envero (primer muestreo) hasta veintiún días después. La evolución en 2020 fue más tenue en ambos tratamientos. Finalmente, en 2021 tras el primer muestreo, el peso de las bayas L aumentó durante dieciséis días mientras que en CVS se observó a los nueve el máximo, momento a partir del que las bayas comenzaron a perder peso por fenómenos de sobremaduración.

La Fig. 3 refleja que durante la maduración el tratamiento CVS alcanzó valores superiores de sólidos solubles (ºBrix), sobre todo en 2019 y 2020. En 2021 el comportamiento fue diferente y los valores de ºBrix fueron semejantes en ambos tratamientos. Esto se debió a que del día 225 al 228 se sucedieron días y noches de temperaturas muy elevadas que provocaron una aceleración en la acumulación de azúcares, con el consiguiente adelanto en la maduración en ambos tratamientos. Es de destacar que en los tres años, el tratamiento CVS logró alcanzar valores superiores a 26,0 ºBrix, mientras que en L esto únicamente ocurrió en la campaña 2021. En este último tratamiento únicamente se consiguieron 23,3 y 21,0 ºBrix en 2019 y 2020 respectivamente.

Los valores de acidez total siguieron una tendencia descendente a partir del primer muestreo en ambos tratamientos (Fig. 4), con un descenso rápido al inicio del periodo y menos acusado en las últimas semanas de la maduración. En las dos primeras campañas, los valores de CVS fueron menores que los respectivos de L en los primeros muestreos y prácticamente se igualaron en los últimos. En 2021 apenas hubo diferencias entre tratamientos en los valores de este parámetro.

La cubierta vegetal temporal provocó un menor peso de las bayas a lo largo del periodo de maduración, y una más rápida acumulación de sólidos solubles por lo que se registraron, en el mismo periodo de tiempo, valores más elevados que en laboreo. Estos resultados pueden suponer una ventaja cuando se destina la uva a la elaboración de vinos finos y olorosos. La ventaja es mayor aún cuando la uva se va a destinar a la elaboración de vino dulce natural Pedro Ximénez que implica una deshidratación por “asoleo” en paseras. Como la cubierta vegetal adelanta la fecha de vendimia y además se consiguen uvas de mayor concentración de sólidos solubles, se podrían instalar las paseras en agosto, con lo que se aceleraría el proceso de asoleo y se evitaría el riesgo de posibles precipitaciones de final de verano que pueden provocar podredumbres en las uvas.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido elaborado dentro del Proyecto de Transferencia y Cooperación en Vitivinicultura Andaluza (TRANSVITI) PP.TRA.TRA2019.007, del Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), cofinanciado al 80% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, dentro del Programa Operativo FEDER de Andalucía 2014-2020.

Referencias

Choné, X., Van Leeuwen, C., Dubourdieu, D. and Gaudillère, J.P. 2001. Stem Water Potential is a Sensitive Indicator of Grapevine Water Status. Annals of Botany. 87:477-483, https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1361

Girona, J., Marsal, J., Mata, M., Del Campo, J. and Basile, B. 2009. Phenological sensitivity of Berry growth and composition of Tempranillo grapevines (*Vitis vinifera* L.) to water stress. Australian journal of grape and wine research, 15; 3; 268-277. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2009.00059.

Ojeda, H., Deloire, A. and Carbonneau, A. 2001. "Influence of water deficits on grape berry growth." Vitis 40(3): 141-145.

Ramírez, P. y Lasheras, J.M. 2015. Guía de cubiertas vegetales en vid. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Sevilla. https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/registro-servifapa/406aee3d-31f0-4f40-8415-9526cf178cf3

Ramírez, P., Cabezas, J.M., Páez, F.C. y León, J.M. 2022. Influencia del Uso de Cubiertas Vegetales en el Comportamiento Agronómico y Enológico de un Viñedo Cultivado en Ecológico. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Córdoba. https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/registro-servifapa/0b12aafc-11fc-437b-92e0-46abbf20ff09

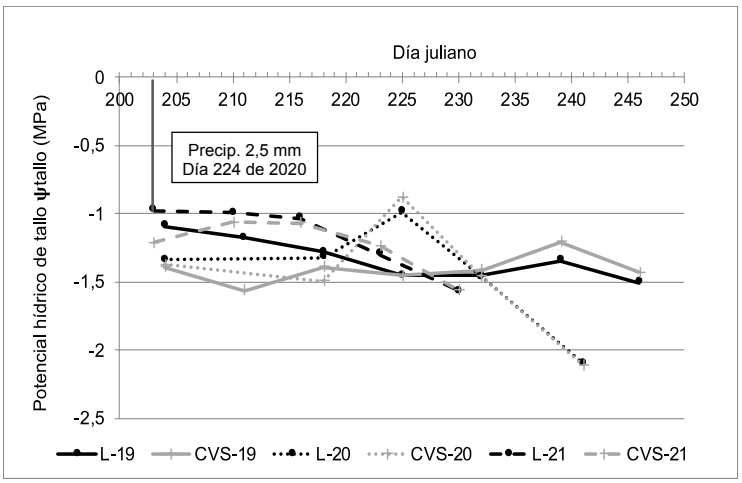


Fig. 1. Evolución del potencial hídrico de tallo durante la maduración de L y CVS.

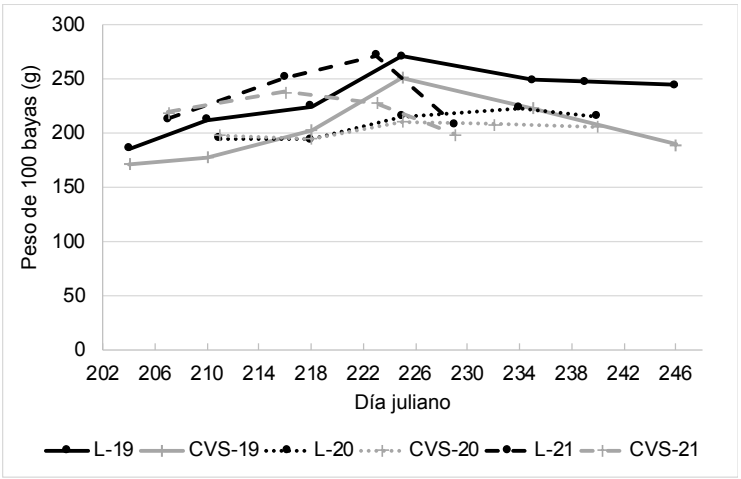


Fig. 2. Evolución del peso de 100 bayas durante la maduración de L y CVS.

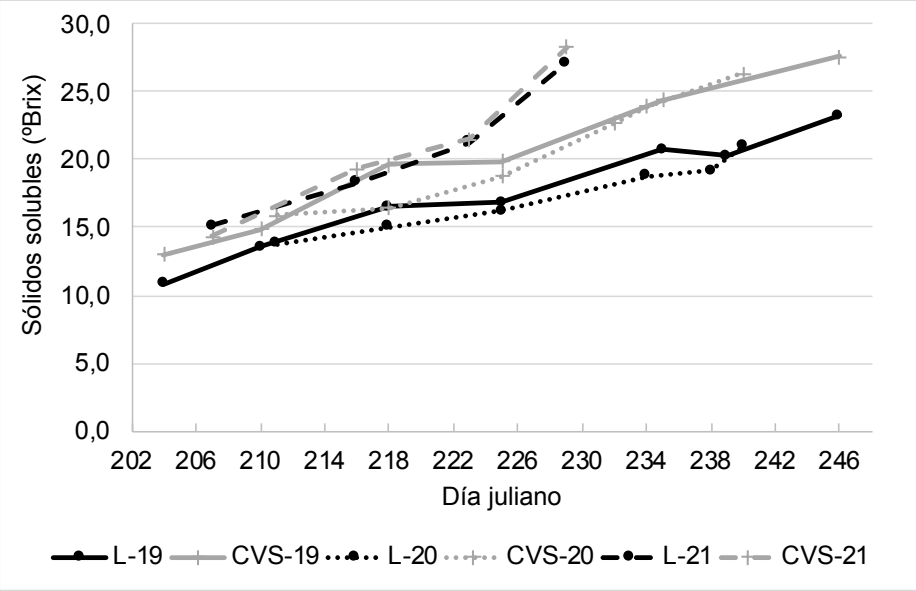


Fig. 3. Evolución del contenido en sólidos solubles durante la maduración de L y CVS.

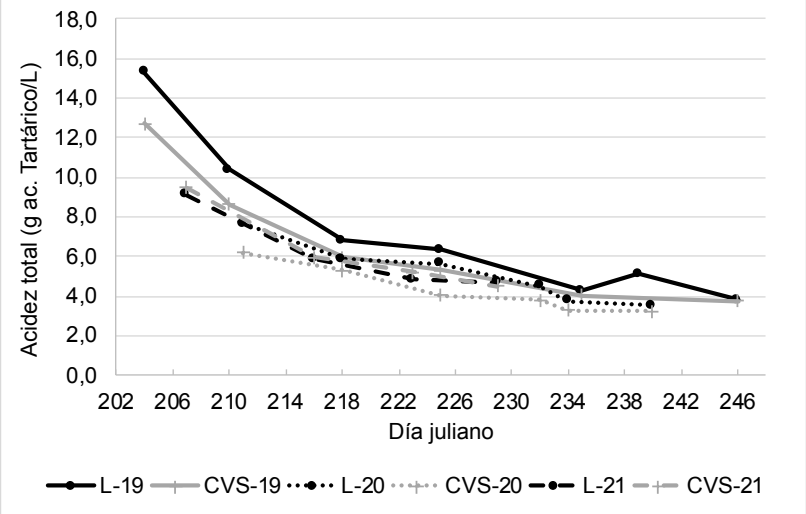


Fig. 4. Evolución de la acidez total durante la maduración de L y CVS.

Manejo de cubiertas vegetales en viñedos mediante "roller crimper" para el control de infestaciones de grama (*Cynodon dactylon*)

Jordi Recasens, Carlos Cabrera, Bruna Català, Bàrbara Baraibar, Aritz Royo

Grupo de Malherbología y Ecología Vegetal, Departamento de Hortofruticultura, Botánica y Jardinería. ETSEA, Universitat de Lleida, Agrotecnio-CERCA-Center. Av. Rovira Roure 191, Lleida, Cataluña, España

**Jordi Recasens: jordi.recasens@udl.cat*

Resumen

En un viñedo ecológico en Raimat (Lleida) se sembraron, diferentes cubiertas vegetales: *Triticosecale* (210 kg/ha), *Hordeum vulgare* (150 kg/ha), *Avena strigosa* (70 kg/ha), *Lolium multiflorum* (40 kg/ha), *Sinapis alba* (20 kg/ha) y *Phacelia tanacetifolia* (10 kg/ha) para mitigar las infestaciones de *Cynodon. dactylon*. Los manejos llevados a cabo fueron: a) pase de roller crimper (abril 2020) con el fin de crear un acolchado de lenta descomposición, y b) el tradicional pase de picadora (junio 2020). En abril 2020, las cubiertas de gramíneas mostraron un recubrimiento del suelo superior al 80%. En conjunto, los valores promedio de recubrimiento de *C. dactylon* fueron significativamente menores donde se realizó el pase de roller que el de picadora: 0,8% vs. 14,3 %, en julio y 16% vs. 26,4%, en septiembre, respectivamente. Al finalizar la campaña (septiembre) el recubrimiento de *C. dactylon* fue significativamente menor con roller que con picadora en las cubiertas de *A. strigosa* (7,2% vs 25,7%) y *P. tanacetifolia* (8,9% vs 34,4%). El manejo de cubiertas vegetales en viñedos mediante roller crimper ofrece prometedoras expectativas para contener la expansión de malas hierbas plurianuales como *C. dactylon*.

Palabras clave: Vides, suelo, malas hierbas, acolchados, picadora.

INTRODUCCIÓN

El uso de cubiertas vegetales en las calles del viñedo permite limitar los fenómenos de escorrentía y erosión, mejorar la infiltración del agua e incrementar el contenido de materia orgánica y la actividad microbiana del suelo (Abad et al., 2021). A su vez, resulta destacable su papel en el manejo de malas hierbas (Valencia-Gredilla et al., 2020) al limitar su emergencia. Sin embargo, el control de especies como *Cynodon dactylon* resulta muy dificultoso al ser una especie plurianual vivaz que se propaga por rizomas y estolones que mantiene latentes en invierno. Se trata de una planta C4 con una alta tasa fotosintética y una alta capacidad de desarrollo durante los periodos de mayor temperatura compitiendo eficazmente por agua y nutrientes. El laboreo del suelo no resulta del todo eficaz al favorecer la dispersión de rizomas y estolones (Abdullahi, 2002; Fernández, 2003). No obstante, se ha comprobado que la instalación de una cubierta de cebada (*Hordeum vulgare*) puede llegar a ejercer un efecto inhibidor de la emergencia de *C. dactylon* más efectivo que una cubierta espontánea manejada mediante laboreo, herbicida o segadora (Valencia-Gredilla et al., 2020). Sin embargo, la descomposición de los residuos de la cubierta tras el pase de picadora no tiene un efecto duradero y permite de nuevo el desarrollo estival de *C. dactylon*. El manejo de malas hierbas mediante cultivos cubierta ha mostrado un gran avance con el uso del apero llamado "roller crimper" (Davis, 2010), un cilindro de gran peso con estrías longitudinales que, tras su pase, convierte la cubierta en un acolchado uniforme de lenta descomposición, creando una barrera física que dificulta la

emergencia de malas hierbas. El efecto del "roller crimper" sobre la emergencia de malas hierbas se ha estudiado de manera amplia en cultivos herbáceos (Canali et al., 2013), pero su aplicación en viñedos ha sido muy escasa. En este trabajo se plantea la instalación de siete cubiertas vegetales distintas en las calles de un viñedo y verificar el efecto del pase de roller crimper sobre la emergencia de *C*. *dactylon*.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se ha llevado a cabo, durante la campaña 2019-2020, en los viñedos de Raimat (Lleida) del grupo Raventós – Codorniu SA, en una parcela cv. 'Pinot Noir', en formación de doble cordón en espaldera, con riego por goteo, que venía presentando una importante infestación de *C*. *dactylon*. La parcela tiene un marco de plantación de 2,4 m entre líneas y de 1,7 m entre vides. El manejo del suelo en la parcela se realiza mediante el mantenimiento de una cubierta espontánea en la calle y la realización de cuatro o cinco pases de intercepa bajo la línea a lo largo de la campaña. La precipitación registrada en la zona de ensayo entre noviembre 2019 y septiembre 2020 fue de 438 mm, una de las más lluviosas de los últimos años. Las temperaturas medias mensuales fueron similares a las habituales de otros años. El ensayo siguió un diseño Incomplete Split-plot con ajuste espacial a la fila considerando tres factores. El factor principal se asignó al tipo de finalización de la cubierta vegetal: picadora o pase de roller crimmper. El factor secundario fue el tipo de cubierta, con siete opciones sembradas a distintas dosis: *Avena strigosa* (70 kg/ha), *Camelina sativa* (8 kg/ha), *Hordeum vulgare* (150 kg/ha), *Lolium multiflorum* (40 kg/ha), *Phacelia tanacetifolia* (10 kg/ha), *Sinapis alba* (20 kg/ha) y X *Triticosecale* (210 kg/ha). Se incluyó también una cubierta natural espontánea. Finalmente se consideró la fecha de muestreo (julio o septiembre). Para el ensayo se utilizaron 12 calles de 200 m de longitud y tres bloques, a razón de cuatro calles por bloque. En cada bloque, dos calles alternas fueron destinadas al pase de picadora en junio y dos más al pase de "roller crimper" a finales de abril. Cada cubierta comprendía, en cada calle, un sector de 50 m de largo (parcela elemental), de manera que en cada bloque había, para cada tipo de manejo, dos calles que incluían las ocho cubiertas propuestas. El pase de picadora se realizó en junio al finalizar el ciclo de las cubiertas sembradas; el roller se pasó a finales de abril en el momento de máxima floración de las cubiertas. No se realizó ningún riego ni fertilización de las cubiertas durante el ensayo. El manejo del suelo bajo la línea del cultivo se realizó mediante pases de intercepas. Cada parcela elemental de 50 m se subdividió en cinco subparcelas de 2 x 10 m donde se realizaron los muestreos. Cada parámetro analizado corresponde a la media de las cinco subparcelas. En cada subparcela, se estimó en abril el porcentaje de recubrimiento de la cubierta y en julio y septiembre el porcentaje de recubrimiento por parte de *C*. *dactylon* después de la finalización de la cubierta mediante picadora o roller. El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA de tres factores y las diferencias entre medias analizadas mediante el test de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de recubrimiento del suelo mostrados por las distintas cubiertas en el mes de abril fueron: *P*. *tanacetifolia* (94%), *L*. *multiflorum* (93%), *H*. *vulgare* (89%), *Triticosecale* (84%), *S*. *alba* (47%) y *C*. *sativa* (41%). En conjunto (Fig. 1), el porcentaje de recubrimiento por parte de *C*. *dactylon* fue menor en las cubiertas sometidas al roller que en aquellas donde se pasó la picadora, tanto en el muestreo de julio (11% respecto 14%), como en el de septiembre (16% respecto 26%) y en este último caso con diferencias significativas. La cubierta de *C*. *sativa*

mostró escasa durabilidad y se excluyó del análisis. Si analizamos las cubiertas por separado (Tabla 1), observamos que, en el mes de septiembre, los valores de recubrimiento de *C. dactylon* son inferiores allí donde se pasó el roller respecto donde se pasó la picadora, con decrementos significativos en *A. strigosa*, en *P. tanacetifolia* y en la cubierta espontánea. Cabe destacar los bajos valores mostrados por parte de *C. dactylon* a final de campaña (septiembre) en las cubiertas de *A. strigosa* (7%), *P. tanacetifolia* (9%) y *L. multiflorum* (11%) tras el pase de roller en primavera, cubiertas que, a su vez, mostraron ya unos bajos valores de recubrimiento de la mala hierba en julio: 4%, 6% y 5%, respectivamente.

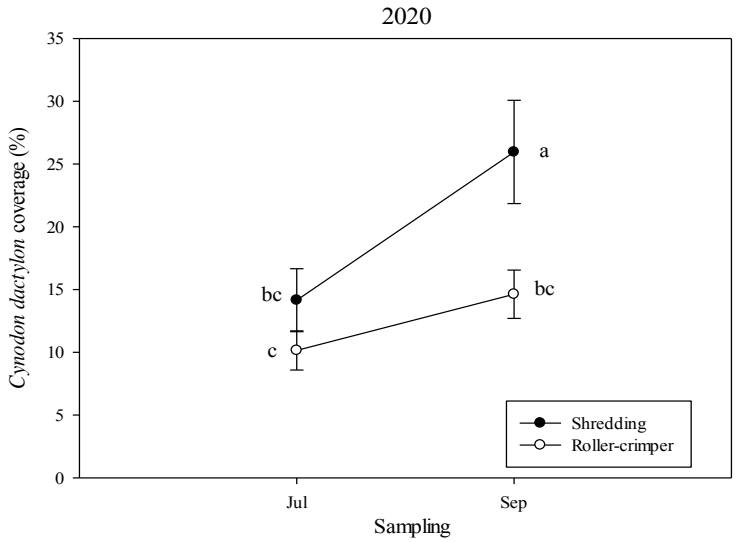


Figura 1. Valores de recubrimiento de *Cynodon dactylon* (%) en julio y septiembre, en función del tipo de finalización de la cubierta; bien mediante pase de picadora (shredding) o bien mediante pase de roller-crimper.

Tabla 1. Recubrimiento (%) de *Cynodon dactylon* en función del tipo de finalización de la cubierta y de la fecha de muestreo.

Cubierta	Fecha muestreo	Picadora (junio)	Roller-crimper (abril)
Espontánea	Julio	32 aA	14 aB
	Septiembre	56 bA	16 aB
Avena strigosa	Julio	10 aA	4 aB
	Septiembre	26 bA	7 aB
Hordeum vulgare	Julio	19 aA	20 aA
	Septiembre	36 bA	30 bA
Lolium multiflorum	Julio	7 aA	5 aA
	Septiembre	12 bA	11 bA
Phacelia tanacetifolia	Julio	19 aA	6 aA
	Septiembre	34 bA	9 aB
Sinapis alba	Julio	6 aA	19 aA
	Septiembre	12 bA	26 bA
Triticosecale	Julio	7 aA	8 aA
	Septiembre	10 aA	14 bA

Valores con diferente letra representan diferencias significativas ($p<0,05$). Letras minúsculas reflejan comparaciones entre fechas (julio vs. septiembre) para una misma cubierta y manejo; letras mayúsculas

reflejan comparaciones entre manejos (picadora vs. roller) para una misma cubierta y fecha de muestreo.

En conjunto, la finalización de las cubiertas mediante el pase de roller crimper mejora el control de *C*. *dactylon* al crear un acolchado más duradero y una barrera física que dificulta su proliferación. El sombreo y las bajas intensidades de luz proporcionadas por cultivos cubierta causan, en esta mala hierba, dificultad de alocación de recursos hacia rizomas y estolones y, de hecho, en su desarrollo vegetativo (Guglielmini y Satorre, 2002; Dong y De Kroon, 1994). Esta supresión de malas hierbas basada en el uso de cultivos cubierta parece ser causada más por la cantidad de biomasa generada que por el tipo de cubierta (Mirsky et al., 2013). En el presente trabajo, el régimen de lluvias de la campaña favoreció el establecimiento y desarrollo de las cubiertas. *C*. *dactylon* es una especie que, en viñedos, muestra dificultad de control tanto mecánico como químico (Valencia-Gredilla et al., 2020) especialmente desde el punto de vista de la sostenibilidad del sistema de producción. Los resultados mostrados concluyen que, en la contención de *C*. *dactylon*, en lugar del pase de picadora en junio sobre una cubierta espontánea o sembrada, resulta más eficaz una labor de preparación del suelo al inicio de campaña seguida de la siembra de una cubierta de gramínea finalizada mediante roller crimper en abril, creando así, un acolchado más duradero.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha desarrollado con la financiación de la Agencia Española de Investigación (AEI) mediante el proyecto AGL2017-83325-C4-2-R.

REFERENCIAS

Abad, J., Hermoso De Mendoza, I., Marín, D., Orcaray, L., Santesteban, L.G., 2021a. Cover crops in viticulture. A systematic review (1): Implications on soil characteristics and biodiversity in vineyard. OenoOne 2: 295-312.

Abdullahi, A.E., 2002. *Cynodon dactylon* control with tillage and glyphosate. Crop Protection, 21: 1093-1100.

Fernández, O.N., 2003. Establishment of *Cynodon dactylon* from stolon and rhizome fragments. Weed Res. 43:130–138.

Davis, A. 2020. Cover-crop roller-crimper contributes to weed management in no-till soyabean. Weed Sci. 58: 300-309.

Canali, S., Campanelli, G., Ciaccia, C., Leteo, F., Testani, E. & Montemurro, F. (2013). Conservation tillage strategy based on the roller crimper technology for weed control in Mediterranean vegetable organic cropping systems. Eur. J. Agr. 50: 11-18.

Guglielmini, A.C., Satorre, E.H., 2002. Shading effects on spatial growth and biomass partitioning of *Cynodon dactylon*. Weed Res. 42: 123-134.

Dong, M., De Kroon, H., 1994. Plasticity in morphology and biomass allocation in *Cynodon dactylon*, a grass species forming stolons and rhizomes. Oikos, 70: 99-106.

Mirsky, S. B., Ryan, M. R., Teasdale, J. R., Curran, W. S., Reberg-Horton, C. S., Spargo J. T., Scott Wells M., Keene C.L., Moyer J. W., 2013. Overcoming Weed Management Challenges in Cover Crop–Based Organic Rotational No-Till Soybean Production in the Eastern United States. Weed Tech. 27(01): 193–203.

Valencia-Gredilla, F., Royo-Esnal, A., Juárez-Escario, A., Recasens, J. 2020. Different ground vegetation cover management system to control *Cynodon dactylon* in irrigated vineyard. Agronomy Basel 2020, 10, 908.

Cubierta vegetal bajo las cepas: una alternativa viable para el control de malas hierbas en clima mediterráneo

Javier Abad[1*], Remedios Marín[2], J. Félix Cibriaín[3], Ana Sagüés[3] y L. Gonzaga Santesteban[2]

[1] INTIA, Edificio de Peritos Avda. Serapio Huici nº 22, 31610, Villava, Navarra
[2] Dpto Agronomía, Biotecnología y Alimentación, Universidad Pública de Navarra, Pamplona, Navarra
[3] Sección de Viticultura y Enología, Gobierno de Navarra, Olite, Navarra
* Autor para correspondencia: jabad@intiasa.es

Resumen

En los viñedos de clima mediterráneo, el manejo de suelo se ha realizado tradicionalmente para minimizar la competencia de las malas hierbas con el cultivo. En la actualidad, esta forma de cultivar está cambiando y, en ocasiones, si se dispone de riego, es posible plantear el empleo de cubiertas vegetales en las calles. Sin embargo, el espacio bajo las cepas sigue manteniéndose libre de vegetación, bien sea mediante el empleo de intercepas o utilizando herbicidas. En este contexto, se ha iniciado una línea de trabajo conjunta entre la Estación de Viticultura y Enología de Navarra-Gobierno de Navarra, INTIA y la Universidad Pública de Navarra, en la que se pretende estudiar si es posible controlar la vegetación adventicia a través de una cubierta, sin que este cambio de manejo repercuta de manera negativa en los costes de cultivo ni en la producción y calidad de uva obtenidas. En 2018 se estableció un ensayo para evaluar el impacto de una cubierta sembrada de *Trifolium fragiferum* L., comparándose con un manejo convencional con intercepas. Tras cuatro años de estudio, se ha comprobado que el control de las malas hierbas ha resultado efectivo, observándose un incremento de la superficie ocupada por el trébol a lo largo de las campañas y una disminución de las malas hierbas. A nivel productivo, se detecta una tendencia a una ligera disminución del rendimiento (8%), que parece estar relacionada con una menor disponibilidad de agua y una menor tasa de cuajado. Los vinos provenientes de cepas con cubierta no presentaron diferencias respecto a los de las cepas manejadas con laboreo, si bien los primeros incrementaron ligeramente los aromas florales y frutales en la fase olfativa.

Palabras clave: malas hierbas, laboreo, cubierta vegetal, *Vitis vinifera* L.

INTRODUCCIÓN

El paisaje mediterráneo cuenta entre sus elementos esenciales un mosaico de campos de cultivo en el que se alternan viñedos, olivares y almendros. Tradicionalmente, el suelo de esas parcelas suele mantenerse totalmente labrado, ya los agricultores han tenido siempre la necesidad de reducir al máximo la competencia de las malas hierbas con el cultivo. Sin embargo, esta forma de cultivar está cambiando progresivamente, y es cada vez es más frecuente ver parcelas en las que se establecen cubiertas vegetales espontáneas o sembradas. La presencia de una cubierta vegetal comporta múltiples ventajas, si bien hay que tener en cuenta que pueden ser limitantes dependiendo de las especies vegetales empleadas, la climatología o las condiciones de manejo que presenten las parcelas (Abad et al., 2021a; Abad et al., 2021b). En cualquier caso, el uso de cubiertas está prácticamente siempre limitado a las calles,

quedando el espacio bajo las cepas libre de vegetación, bien sea mediante el empleo de laboreos intercepas o con la aplicación de herbicidas. Dada las limitaciones que estos manejos pueden plantear (velocidad de trabajo, efectividad, número de aplicaciones, impacto medioambiental, erosión, etc), INTIA, la UPNA y el Gobierno de Navarra, en colaboración con Bodegas Ochoa, se plantearon evaluar la posibilidad de controlar esta vegetación adventicia a través de una cubierta sembrada, que consiga su control y no repercuta de manera negativa ni en el cultivo, ni en los vinos. Existen pocas experiencias con este tipo de cubiertas bajo las cepas, y la mayor parte de los trabajos publicados se corresponden con viñedos situados en zonas con climas frescos, en los que la problemática es otra y el objetivo fundamental de las cubiertas es controlar el vigor. El número de trabajos realizados en climas semiáridos es mucho menor, y sólo algunos ensayos realizados en Australia (Tenik, 2007; Penfold, 2018) plantean el uso de cubiertas como estrategia de control de malas hierbas. El objetivo de nuestro trabajo es evaluar el potencial de una cubierta de *T. fragiferum* L. para controlar las malas hierbas que se desarrollan bajo las cepas y conocer las implicaciones que tiene su implantación sobre el comportamiento del viñedo.

MATERIAL Y MÉTODOS

En este trabajo de investigación se ha estudiado el comportamiento de una cubierta bajo las cepas (UV) como alternativa al manejo con laboreo intercepas (T). Dicho ensayo se ha llevado a cabo durante cuatro campañas consecutivas (2018, 2019, 2020 y 2021) en un viñedo de Merlot ubicado en terrenos de Bodegas Ochoa en Traibuenas (Navarra), sobre un suelo *Typic Calcixerepts* y con un clima húmedo-templado mediterráneo según la clasificación de Papadakis. Para ello, en febrero de 2018, se sembró en un viñedo comercial una cubierta de *Trifolium fragiferum* L. bajo las cepas, empleando una dosis de siembra de $15 g \cdot m^{-2}$ y una anchura de siembra de 40 cm. Se trata de un viñedo, plantado en el año 2001, conducido en doble cordón royat, un marco de 3 × 1m y un aporte de riego medio de 13 $L \cdot m^{-2\text{-semana}}$ desde inicios de julio hasta inicios de septiembre. Únicamente se realizó una siembra a salida del invierno (finales de febrero), manteniéndose desde entonces la cubierta sin intervención alguna. Esta forma de gestión se comparó con un manejo mediante labor de intercepas (T), con cuatro labores por campaña (noviembre, marzo, mayo y julio). Las implicaciones de esta cubierta bajo las cepas se valoraron realizando, por un lado, un seguimiento de la evolución de la presencia de vegetación adventicia (empleando una versión modificada de la escala de Horsfall y Barrat, 1945) y, por otro, la determinación del desarrollo vegetativo mediante la medida del peso de madera de poda, estado hídrico estimado a través de la medida del ratio isotópico del carbono ($\delta^{13}C$) del mosto y valoración del rendimiento (peso de baya, peso del racimo y rendimiento) y de la composición de la uva (sólidos solubles y acidez total) producida. Además, se elaboraron vinos con uvas procedentes de ambos tratamientos, valorándose las características de estos vinos mediante análisis químico y sensorial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El control de las malas hierbas mediante la cubierta bajo las cepas resultó efectivo, observándose un incremento de la superficie ocupada por el trébol a lo largo de las campañas hasta cubrir ya en el segundo año el 70% del suelo y en los siguientes más del 85%. Si bien el número de especies vegetales identificados apenas varío entre los dos manejos del suelo, su densidad se fue reduciendo con el paso de las campañas en la cubierta, mientras que en el

tratamiento laboreado se mantuvo estable en torno al 45% del suelo ocupado (Tabla 1).

Tabla 1. Número de especies vegetales identificadas y porcentajes de suelo ocupados por la vegetación bajo las cepas (UV- Cubierta vegetal; T-Laboreo)

Año	UV			T	
	Nº especies	% suelo cubierto por trébol	% suelo cubierto por otras especies	Nº especies	% suelo cubierto por otras especies
2018	21	80	53	19	53
2019	25	98	34	23	35
2020	25	95	9	28	44
2021	20	97	10	25	49
Media	*23*	*93*	*27*	*24*	*45*

Los parámetros productivos del viñedo, aunque no presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, sí mostraron una tendencia a una ligera disminución de la productividad próxima al 8% (Tabla 2). Esta disminución estuvo relacionada con una menor disponibilidad de agua para la planta, que repercutió en un menor desarrollo vegetativo y en una menor tasa de cuajado. En cualquier caso, resultaría sencillo corregir este aspecto negativo de la presencia de la cubierta con incrementos puntuales del riego.

Tabla 2. Resultados productivos, composición de baya y ratio isotópico del carbono (UV-Cubierta vegetal; T-Laboreo)

		Rendimiento (Kg·cepa^{-1})	Peso racimo (g)	Peso baya (g)	Peso madera poda (Kg·cepa^{-1})	Grado probable (% Vol.)	Acidez Total (g·L. ác. tart^{-1})	$\delta\ ^{13}C_{VPDV}$ (‰)
2018	UV	2,80	138,64	1,35	0,45	15,27	5,50	-26,87
	T	2,90	144,83	1,49	0,43	15,16	5,54	-26,85
	Sig.	*0,554*	*0,410*	*0,120*	*0,446*	*0,443*	*0,731*	*0,838*
2019	UV	2,01	102,13	1,04	0,27	14,44	6,62	-27,11
	T	2,20	105,76	1,04	0,29	14,44	6,68	-27,38
	Sig.	*0,415*	*0,499*	*0,898*	*0,213*	*1,000*	*0,707*	*0,058*
2020	UV	2,14	115,24	1,14	0,27	14,07	6,78	-25,86
	T	2,44	128,41	1,15	0,30	14,37	6,68	-26,44
	Sig.	*0,249*	*0,088*	*0,848*	*0,071*	*0,256*	*0,419*	*<0.001*
2021	UV	1,40	113,30	1,34	0,26	13,69	6,86	-26,89
	T	1,69	115,48	1,40	0,29	13,64	6,76	-27,03
	Sig.	*0,136*	*0,77*	*0,346*	*0,156*	*0,769*	*0,475*	*0,502*

Por último, los vinos elaborados provenientes de las cepas con cubiertas no presentaron diferencias respecto a los provenientes de las cepas manejadas con laboreo, si bien en la fase sensorial se observó que en los primeros se percibían más aromas florales y frutales en la fase olfativa (Figura 1), lo que podría estar asociado con los incrementos observados para el nitrógeno fácilmente asimilable en los mostos (datos no presentados).

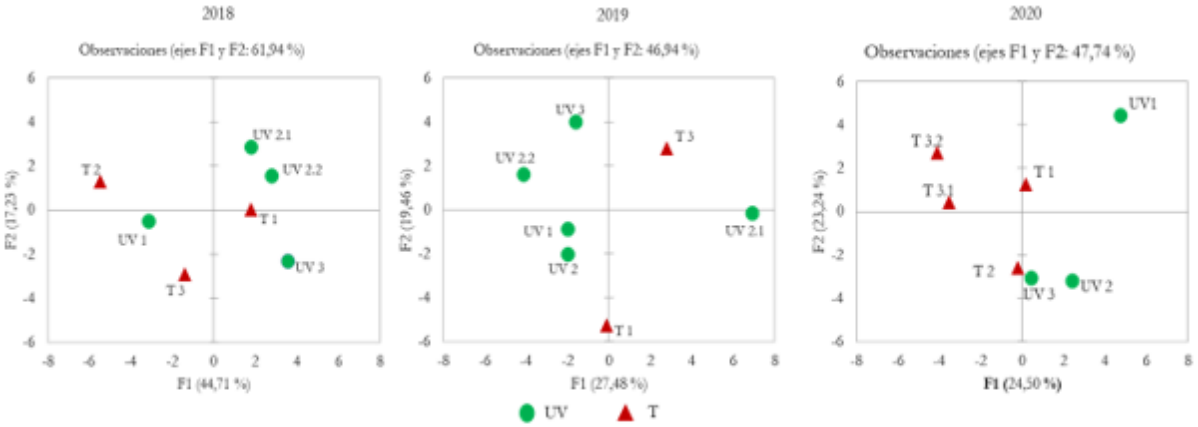


Figura 1 -Análisis de factor múltiple de los vinos. Se presenta únicamente la ordenación de los vinos

AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo forma parte la tesis de F.J. Abad, y ha sido posible gracias a la concesión de una beca formativa FPI-INIA 2016 (Plaza nº 39, CPD2016-0093). Los autores quieren agradecer a Bodegas Ochoa su colaboración e interés.

REFERENCIAS

Abad, J., Hermoso de Mendoza, I., Marín, D., Orcaray, L., Santesteban, L. G. (2021). Cover crops in viticulture. A systematic review (1): Implications on soil characteristics and biodiversity in vineyard. OENO One, 55(1), 295–312.

Abad, J., de Mendoza, I. H., Marín, D., Orcaray, L., Santesteban, L. G. (2021b). Cover crops in viticulture. A systematic review (2): Implications on vineyard agronomic performance. Oeno One, 55(2), 1–27.

Horsfall JG, Barratt RW (1945). An improved grading system for measuring plant disease. Phytopathology, 35, 655.

Penfold, C., Weckert, M., Howie, J., Nordblom, T., and Norton, M. (2018). Development of a low-input under-vine floor management system which improves profitability without compromising yield or quality. Final Report - University of Adelaide Project Number : UA 1303 – 98 pp.

Tesic, D., Keller, M., and Hutton, R. J. (2007). Influence of vineyard floor management practices on grapevine vegetative growth, yield, and fruit composition. American Journal of Enology and Viticulture, 58(1), 1–11.

SESIÓN 6. El agrosistema vitícola sostenible. Terroir y adaptación a un escenario de cambio climático.

Vendimia tardía mediante forzado de las yemas en vid, una alternativa de manejo para viñedos de clima cálido

D. Uriarte[1]*, N. Lavado[2], L. A. Mancha[1], M.E. Valdés[2], D. Moreno[2] y M.H. Prieto[1]

[1]Área de Agronomía de Cultivos Leñosos y Hortícolas, Instituto de Investigaciones Agrarias "Finca La Orden-Valdesequera", CICYTEX, Junta de Extremadura, Guadajira, Badajoz.

[2]Área de Enología, Instituto Tecnológico Agroalimentario de Extremadura, CICYTEX, Junta de Extremadura, Badajoz.

* *D. Uriarte: david.uriarte@juntaex.es*

Palabras clave: 'Tempranillo', cambio climático, calidad de uva, *Vitis vinifera L.*

El clima tiene un impacto decisivo en el desarrollo de la vid y en la composición de la uva en vendimia. El actual aumento de las temperaturas registrado en la mayoría de las regiones vitícolas, produce un adelanto de la fenología de las cepas que se traduce en una acumulación más rápida de azúcar, una bajada de acidez, de compuestos aromáticos y fenólicos en las uvas, lo que conlleva obtener vinos peor valorados en los mercados. Forzar el rebrote de las yemas, permite retrasar la fecha de vendimia y mejorar la calidad de la uva, pero también lleva asociada una significativa disminución del rendimiento. Este trabajo plantea: (I) determinar la idoneidad de esta técnica para retrasar la fecha de vendimia de 'Tempranillo' hasta condiciones de temperaturas más frescas en condiciones de clima semiárido. (II) evaluar su efecto sobre el desarrollo y productividad de la cepa y sobre la composición de la uva obtenida. El experimento se llevó a cabo en un viñedo experimental de 1,8 ha situado en una zona de clima semiárido. Durante tres campañas consecutivas se aplicó el tratamiento de forzado en dos momentos diferentes: floración (F1) y cuajado (F2) y se compararon con un tratamiento Control sin forzar. El retraso en la fecha de vendimia observado en F1 y F2, provocó un descenso en las temperaturas medias del aire durante la maduración en relación al Control, dependiendo la amplitud del descenso, del momento en que se aplicó el tratamiento en estudio. Con la técnica de forzado los rendimientos productivos medios fueron similares a los recomendados por los consejos reguladores de las principales Denominaciones de Origen nacionales, consiguiendo mejoras significativas en algunas de las características para vinificación de las uvas.

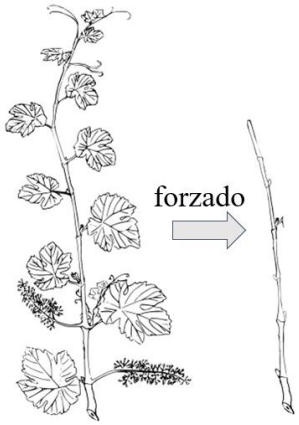
INTRODUCCIÓN

El incremento progresivo de la temperatura en las principales regiones de producción vitícola, está provocando un adelanto del ciclo vegetativo de la vid y una maduración de la uva más rápida bajo condiciones de temperaturas elevadas (Petrie and Sadras, 2007). Este hecho implica consecuencias negativas para la producción y composición de la uva, que se reflejan en la calidad del vino (Mira de Orduña, 2010). Una de las alternativas planteadas para disminuir los efectos negativos de las altas temperaturas ha sido la técnica del forzado de la yema, que induce el reinicio del ciclo vegetativo desplazado en el tiempo. Esta técnica investigada inicialmente por Gu et al., (2012) en 'Cabernet Sauvignon' en Fresno (USA) y posteriormente en diferentes zonas de cultivo

como España (Lavado et al., 2019; Martínez-Moreno et al., 2019; Martínez de Toda et al., 2019), Italia (Poni et al., 2020) o Japón (Kishimoto et al., 2022). El objetivo de este trabajo fue analizar la capacidad de dos fechas diferentes de aplicación del forzado para retrasar la fecha de vendimia, y evaluar sus efectos sobre parámetros agronómicos y la composición de las bayas durante tres años consecutivos 2017–2019 en un viñedo cultivado en clima semiárido en Extremadura.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en un viñedo experimental de ′Tempranillo′ de 2001 en Badajoz (Lavado et al., 2019). Durante tres años consecutivos (2017-2019) y sobre las mismas cepas, el forzado se aplicó en dos estados fenológicos diferentes: entre floración y cuajado (F1; 18-29 mayo) y entre cuajado y tamaño guisante (F2; 3-17 junio) que fueron comparados frente a cepas sin forzar (Control). Las cepas de todos los tratamientos se desarrollaron sin limitaciones hídricas. En este trabajo el forzado consistió en interrumpir el ciclo vegetativo normal al cortar los pámpanos en crecimiento a partir del 6º nudo y eliminar las inflorescencias, las hojas y los anticipados de los 6 primeros nudos que permanecen en el pámpano. El diseño experimental fue de bloques al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento. La parcela experimental consistió en 6 filas de 18 cepas dejando las filas y cepas perimetrales como borde. Los datos de temperatura proceden de la red SIAR (long. 06º39’56’’W lat. 38º51’36’’N). La vendimia manual se realizó cuando las uvas alcanzaron 23–24 ºBrix. Se analizaron los datos agronómicos (rendimiento y peso de racimo) y la acidez titulable (AT) y polifenoles totales (PPT) de las bayas de cada parcela experimental. Los datos se sometieron a análisis de la varianza. Se empleó el paquete estadístico IBM SPSS statistic 22.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se muestran los resultados medios del periodo 2017-2019. Mediante esta técnica coexistieron en la misma localización y para la misma variedad de uva, 3 ciclos fenológicos anuales desplazados en el tiempo (Tabla 1). Una Control con fecha de brotación el 31 mar ± 3 días y vendimia el 25 ago, ± 2 días, otra para F1 (brotación 22 may. ± 3 días y vendimia 27 sep. ± 8 días) y otra para F2 (brotación 9 jun. ± 4 días y vendimia 20 oct. ± 4 días). La fecha de vendimia se retrasó respecto al Control, una media de 33 y 56 días para F1 y F2 respectivamente. Dependiendo del tratamiento, cada etapa fenológica se desarrolló bajo unas temperaturas diferentes (Figura 1). La media de las temperaturas máximas diarias (Tmax) durante el periodo brotación-floración (tras el forzado) fue notablemente más elevada en ambos tratamientos forzados, llegando a alcanzar F2, una media de 8,5 ºC más que el Control. Las diferencias en Tmax resultaron mínimas entre los tratamientos durante el periodo floración-envero con apenas 3 ºC más en los tratamientos F1 y F2. Sin embargo, durante el periodo envero-vendimia, coincidiendo con la maduración de la uva, F2 registró una Tmax cercana a 6,5 ºC menos que el Control.

La producción de uva de las cepas a las que se aplicó el forzado resultó un 60% inferior en F1 y un 48% inferior en F2 respecto al Control (Figura 2a), debido al menor peso de los racimos (Figura 2b). En lo que respecta a la composición de la uva, la AT se incrementó en el

tratamiento F2 respecto al tratamiento Control, y también respecto a F1. Además, se observó un aumento en los valores de PPT de las bayas procedentes de ambos tratamientos de forzado respecto del control (Figuras 2c y 2d).

Para las condiciones de cultivo de Extremadura, la fecha de forzado en cuajado permite una maduración de uva en condiciones de temperaturas inferiores y proporciona uvas con mayores valores de AT y PPT. Los rendimientos cercanos a las 8 t ha^{-1} obtenidos mediante la aplicación de esta técnica han sido posibles bajo condiciones de riego, por lo que probablemente no sería una técnica recomendable en condiciones de secano. El principal reto que plantea la técnica radica en el desarrollo del mecanizado del forzado para disminuir sus costes de ejecución.

AGRADECIMIENTOS

Ese trabajo ha sido financiado por los proyectos del Ministerio de Ciencia e Innovación RTA2015-00089-C02-01 y PID2019-105039-C41 y cofinanciado con por fondos FEDER a través de la ESTRATEGIA AGROS. Nieves Lavado agradece a FPI-INIA CPD2016-0081.

REFERENCIAS

Gu, S., Jacobs, S.D., McCarthy, B.S., 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.). J. Hortic. Sci. Biotechnol. 87, 287–292.

Kishimoto, M., Yamamoto, T., Kobayashi, Y., 2022. Effects of Lateral or Secondary Induced Shoot Use on Number of Bunches and Fruit Quality in Forcing Cultivation by Current Shoot Cutting and Flower Cluster Removal to Shift Grape Ripening to a Cooler Season. Hortic. J. https://doi.org/10.2503/hortj.utd-314

Lavado, N., Uriarte, D., Mancha, L.A., Moreno, D., Valdés, E., Prieto, M.H., 2019. Effect of forcing vine regrowth on ’ Tempranillo ’ (*Vitis vinifera* L .) berry development and quality in Extremadura Vitis - J. Grapevine Res. 58, 17–22

Martínez-Moreno, A., Sanz, F., Yeves, A., Gil-Muñoz, R., Martínez, V., Intrigliolo, D.S., Buesa, I., 2019. Forcing bud growth by double-pruning as a technique to improve grape composition of *Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo in a semi-arid Mediterranean climate. Sci. Hortic. (Amsterdam). 256. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108614

Martinez De Toda, F., Garcia, J., Balda, P., 2019. Preliminary results on forcing vine regrowth to delay ripening to a cooler period. Vitis - J. Grapevine Res. 58, 17–22.

Mira de Orduña, R., 2010. Climate change associated effects on grape and wine quality and production. Food Res. Int. 43, 1844–1855. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.05.001

Petrie, P.R., Sadras, V.O., 2007. Advancement of grapevine maturity in Australia between 1993 and 2006 : putative causes , magnitude of trends and viticultural consequences.

Poni, S., Gatti, M., Tombesi, S., Squeri, C., Sabbatini, P., Rodas, N.L., Frioni, T., 2020. Double cropping in *Vitis vinifera* L. Pinot noir: Myth or reality. Agronomy 10, 22–23.

Tablas

Tabla 1.- Fecha de consecución de los principales estados fenológicos en los diferentes tratamientos aplicados. Valores procedentes de la media de los años 2017, 2018 y 2019 y el error estándar de la media (SEM) en dias.

Estado fenológico	Control			F1			F2		
	Fecha	;	SEM	Fecha	;	SEM	Fecha	;	SEM
Brotación	31 mar.	±	3	22 may.	±	3	9 jun.	±	4
Floración	18 may.	±	4	2 jul.	±	4	15 jul.	±	4
Envero	16 jul.	±	5	22 aug.	±	6	14 sep.	±	2
Vendimia	25 ago.	±	2	27 sep.	±	8	20 oct.	±	4

Figuras

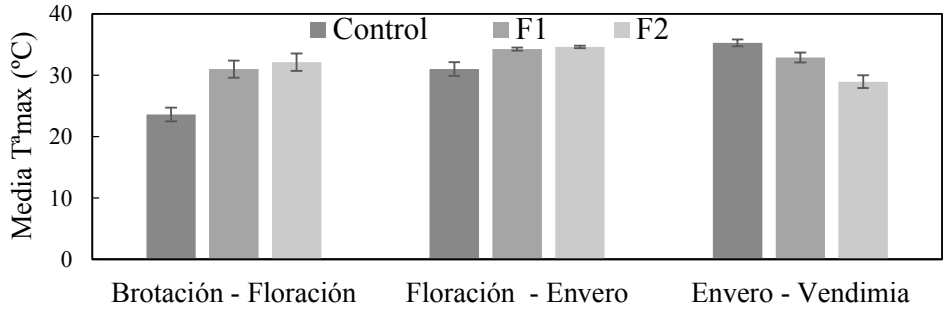


Fig. 1. Media de la temperatura máxima en los periodos fenológicos brotación-floración, floración-envero y envero-vendimia. Datos medios de los años 2017, 2018 y 2019 con su correspondiente error estándar de la media (SEM).

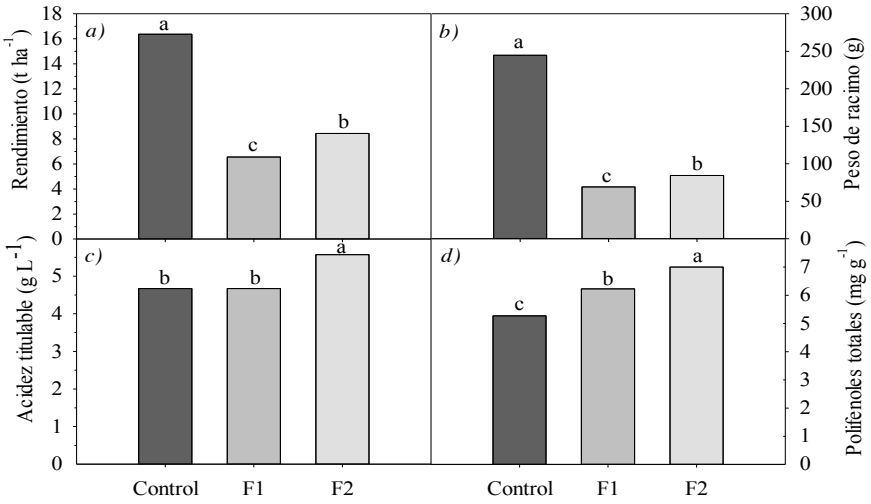


Fig. 2. Rendimiento, peso de racimo, acidez titulable y polifenoles totales. Datos medios de los años 2017, 2018 y 2019 Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas para $p<0.05$ en el test de Tu

Evaluación del impacto sobre la diversidad de artrópodos de actuaciones de promoción de la biodiversidad en el viñedo y su entorno en Rioja Alavesa (España)

Bárbara Sebastián[1], L.Gonzaga Santesteban[2], Maite Rodríguez[1], Ignacio Arzoz[1], Maite Loidi[2], Oihane Oneka[2], Luis Rubén Román-Fernández[3], Ainara Crespo-Susperregui[3], Gonzalo Sáenz de Samaniego[4], Julián Palacios[1]

[1]*Viticultura Viva, San Martín de Unx, Navarra, Spain*
[2]*Departamento de Agronomía, Biotecnología y Ciencia de los Alimentos, Universidad Pública de Navarra (UPNA), Pamplona, Navarra, Spain*
[3]*Insectaria, Logroño, La Rioja, Spain*
[4]*Bodegas Ostatu, Samaniego, País Vasco, Spain*
Afiliación institucional

**Autor/a: barbara@julianpalacios.es*

Resumen

El objetivo de este estudio es evaluar el impacto sobre las poblaciones de artrópodos de la implantación de cubiertas vegetales, corredores verdes, muros de piedra seca y puntos calientes de biodiversidad *(hotspots)*. El trabajo se ha llevado a cabo en cuatro viñedos de Rioja Alavesa (España) pertenecientes a Bodegas Ostatu, donde se implantaron estas infraestructuras ecológicas en 2020. Se ha estudiado la presencia y diversidad de artrópodos capturándolos en primavera a diferentes distancias de las infraestructuras mediante trampas de caída en el suelo y trampas cromáticas amarillas, blancas y azules a la altura de la vegetación. Se trata de un estudio preliminar en el que se han clasificado todos los artrópodos adultos hasta el nivel taxonómico de orden y los coleópteros hasta la morfoespecie. Los resultados obtenidos muestran que existe una relación entre las características básicas de la parcela de viñedo (relación entre su superficie y el perímetro de vegetación) y los artrópodos capturados, con un efecto positivo, aunque también dependiente del viñedo, de la presencia de las infraestructuras consideradas.

Palabras clave: Agroecología, biodiversidad, gestión del hábitat, ecología del paisaje.

INTRODUCCIÓN

Las zonas de viticultura tradicional han experimentado en las últimas décadas una intensificación de las prácticas de cultivo, ligada a un mayor uso de fertilizantes y fitosanitarios, y a una mayor mecanización. Este cambio en la gestión ha provocado en muchas ocasiones pérdida de la estructura del suelo, mayores índices de erosión, disminución de la fertilidad, contaminación de las aguas subterráneas y una mayor presión de plagas y enfermedades. Además, la intensificación suele conducir a una simplificación de los paisajes, lo que resulta especialmente preocupante en las regiones vitícolas de prestigio, en las que el elevado valor económico de la producción de uva fomenta la transformación de los hábitats naturales en nuevos viñedos. Para revertir esta tendencia, es necesario que los viticultores pongan en marcha acciones de conservación y promoción de la biodiversidad en sus viñedos. Se ha demostrado que las cubiertas vegetales y las infraestructuras ecológicas como puntos calientes de biodiversidad (*hotspots*), corredores verdes y muros de piedra seca promueven la biodiversidad, ya que proporcionan refugios alternativos para los artrópodos (Burgio et al. 2016; Rosas-Ramos et al. 2019).

La composición del paisaje y la diversidad de la vegetación que rodea a los viñedos también influyen en la presencia y diversidad de artrópodos (Muneret et al 2018; Ponti et al 2005), así como el tipo de manejo realizado -ecológico o convencional- (Paiola et al. 2020; Puig-Montserrat et al. 2017) y el uso de cubiertas vegetales (Sáenz-Romo et al. 2019).

Este trabajo pretende investigar el impacto de la implantación de algunas infraestructuras ecológicas (corredores verdes, muros de piedra seca y *hotspots*) y de las cubiertas vegetales sobre la abundancia y diversidad de artrópodos, teniendo en cuenta la influencia de las características del viñedo (manejo ecológico/convencional y presencia de vegetación en el perímetro del viñedo).

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se estableció en 2020 en cuatro viñedos de secano dentro de la subzona de Rioja Alavesa en la Denominación de Origen Calificada Rioja, norte de España. Tres de esos viñedos (Revillas 1,11 ha; Valcabada, 3,02 ha; Zabala, 4,63 ha) se cultivaron de forma ecológica, mientras que el cuarto (Las Paules, 0,64 ha) se cultivó siguiendo un manejo convencional bajo la normativa de gestión integrada de plagas.

En los tres primeros viñedos se realizaron las siguientes intervenciones para comprobar su impacto en la abundancia y diversidad de artrópodos. En Revillas se implementó un hotspot de biodiversidad que incluía un pequeño estanque de agua, especies arbóreas y arbustivas y materiales inertes de piedra y madera; en Valcabada se reconstruyó un muro de piedra seca en uno de los márgenes y se estableció una cubierta vegetal espontánea en calles alternas, y en Zabala se estableció un corredor verde que atravesaba toda la parcela, permitiendo la conexión con una zona forestal en su parte norte. Las Paules no contaba con ninguna infraestructura ecológica, el suelo estaba labrado y se utilizó como control con el que comparar los resultados de las acciones de promoción de biodiversidad. En 2021, en el momento de la floración (25 de mayo) se colocaron trampas cromáticas amarillas, azules y blancas a nivel de la vegetación para evaluar la diversidad y la abundancia de la entomofauna en los cuatro viñedos. Estas trampas se colocaron a distancias crecientes de la infraestructura ecológica (*hotspot*: 5 y 10 m; corredor verde y muro de piedra seca: 5, 15 y 25 m). En Las Paules, el viñedo utilizado como control de referencia, donde no se habían implantado infraestructuras ecológicas, las trampas se colocaron en el centro de la parcela. Las trampas permanecieron en el campo durante dos semanas y se recogieron para conocer la población de artrópodos. En los mismos puntos de muestreo se colocaron trampas de caída para la captura de artrópodos terrestres (trampas *pitfall*) de 9 cm de diámetro rellenas con 20 ml de propilenglicol al 20%. En Valcabada también se colocaron trampas *pitfall* en las zonas del suelo con cubierta vegetal espontánea y en las zonas de suelo labrado. Para las trampas cromáticas se consideraron dos repeticiones por situación de muestreo, mientras que para las trampas *pitfall* el número de repeticiones fue de tres. Los individuos de artrópodos capturados en las trampas cromáticas se identificaron a nivel de orden taxonómico y en las trampas *pitfall* se clasificaron por morfoespecies. En ambos tipos de trampas se sumó el número total de individuos de cada orden o morfoespecie y se calcularon los índices de Shannon y Pielou (Shannon, 1949; Pielou, 1977).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A pesar de ser resultados de un solo año, la implantación de elementos que aportan heterogeneidad a las parcelas, y alimento y refugio a los artrópodos, ha mostrado una tendencia a promover la biodiversidad, en concordancia con otros trabajos (Burgio et al. 2016; Rosas-Ramos et al. 2019). Así, se observó una tendencia de mejora en los índices de biodiversidad de Shannon

y Pielou para los artrópodos capturados en las trampas cromáticas con la proximidad a la infraestructura ecológica (Tabla 1). También se observó una tendencia de mejora de la biodiversidad en las trampas *pitfall* en el caso de la cubierta vegetal con respecto al laboreo (Tabla 2), coincidiendo con los resultados de otros autores (Sáenz-Romo et al. 2019). Esto se reflejó tanto en los índices de biodiversidad como en el número de individuos y morfoespecies presentes (Figuras 1 y 2).

Al contrario de lo que se esperaba, no se observaron menores índices de biodiversidad en el viñedo utilizado como control (Las Paules) en comparación con los manejados en ecológico (Tabla 1). Paiola et al. (2019) observaron que la mejora de la biodiversidad en la viticultura ecológica dependía de la escala del estudio, con menor consistencia a escalas menores. En este caso, planteamos la hipótesis de que la ratio entre la superficie del viñedo y la longitud del perímetro con vegetación podría estar afectando a los índices de biodiversidad, ya que los bordes de la parcela pueden actuar como áreas de compensación ecológica. Esta ratio oscila entre el 8 y el 24%, siendo Las Paules la segunda más favorable debido al pequeño tamaño de la parcela (Tabla 1). Nuestros resultados parecen aportar una evidencia más de la importancia del mantenimiento de la vegetación en los márgenes del viñedo, como ya han destacado otros autores (Muneret et al., 2019)

Además de la presencia de infraestructuras ecológicas, de la cubierta vegetal y del manejo convencional o ecológico, otro aspecto que parece estar condicionando la biodiversidad es el paisaje circundante. Así, en Zabala, el viñedo situado más cerca de zonas de bosque, el orden Hemiptera fue el más representado en las trampas cromáticas, mientras que en el resto de los viñedos fue Diptera (Figura 1). En las trampas *pitfall*, el orden Coleoptera, concretamente la familia Carabidae (Figura 2), fue el más representado en Zabala, mientras que en el resto de las parcelas fue el orden Hymenoptera. La familia Carabidae se considera un indicador de biodiversidad (Rainio-Niemelä, 2003). En relación con la mayor proximidad de Zabala al bosque, algunos autores sugieren que los carábidos mayores de 15 mm, como los capturados en este viñedo (Figura 2), están asociados a ambientes menos perturbados (Purtauf et al., 2005).

Es importante subrayar que los índices de biodiversidad no proporcionan información sobre la ecología de los artrópodos presentes, por lo que los índices más altos pueden incluir tanto especies con efectos potencialmente negativos para el viñedo (plagas o transmisores de virus), como especies potencialmente beneficiosas (parasitoides o depredadores de plagas).

Al tratarse de datos de un solo año, es necesario ser cauteloso con los resultados obtenidos, ya que, como describen otros autores, los efectos de la implantación de infraestructuras ecológicas y cubiertas vegetales para mejorar la diversidad de artrópodos requieren largos periodos de tiempo para observar cambios en la misma (Álvarez et al. 2019).

Conclusión

Nuestros resultados indican que podría existir una relación positiva entre la diversidad de artrópodos y la presencia de elementos que añaden heterogeneidad al viñedo, aunque hay que ser cautos, ya que la relación entre la proporción de perímetro con vegetación y la superficie de la parcela, así como las características del entorno del viñedo pueden estar afectando a la diversidad de artrópodos. Es necesario seguir investigando debido a que, por un lado, los cambios en la diversidad de artrópodos requieren largos periodos de tiempo y, por otro, se requiere una identificación más detallada para clasificar los artrópodos presentes según su ecología.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha desarrollado dentro del proyecto VIÑADIVERSIDAD llevado a cabo por Bodegas Ostatu. Ha sido financiado por el Gobierno Vasco, dentro de la convocatoria 2020 de ayudas a la investigación, desarrollo e innovación en los sectores agrícola, forestal y de los productos de la pesca y la acuicultura de la Comunidad Autónoma del País Vasco.

REFERENCIAS

Álvarez, H. A., Morente, M., Campos, M., and Ruano, F. 2019. La madurez de las cubiertas vegetales aumenta la presencia de enemigos naturales y la resiliencia de la red trófica de la copa del olivo. Ecosistemas. 28(3):92-106.

Burgio, G., Marchesini, E., Reggiani, N., Montepaone, G., Schiatti, P., and Sommaggio, D. 2016. Habitat management of organic vineyard in Northern Italy: the role of cover plants management on arthropod functional biodiversity. Bull. Entomol. Res. 106(6): 759-768.

Muneret, L., Thiéry, D., Joubard, B., and Rusch, A. 2018. Deployment of organic farming at a landscape scale maintains low pest infestation and high crop productivity levels in vineyards. J. Appl. Ecol. 55(3): 1516-1525.

Paiola, A., Assandri, G., Brambilla, M., Zottini, M., Pedrini, P., and Nascimbene, J. 2020. Exploring the potential of vineyards for biodiversity conservation and delivery of biodiversity-mediated ecosystem services: A global-scale systematic review. Sci. Total Environ. 706: 135839.

Pielou, E.C. (1977). Mathematical Ecology, New York, Wiley.

Ponti, L., Ricci, C., Veronesi, F., and Torricelli, R. 2005. Natural hedges as an element of functional biodiversity in agroecosystems: the case of a Central Italy vineyard. Bull. Insectol, 58: 19-23.

Puig-Montserrat, X., Stefanescu, C., Torre, I., Palet, J., Fàbregas, E., Dantart, J., ... and Flaquer, C. 2017. Effects of organic and conventional crop management on vineyard biodiversity. Agric. Ecosyst. Environ. 243: 19-26.

Purtauf, T., Dauber, J., and Wolters, V. 2005. The response of carabids to landscape simplification differs between trophic groups. Oecologia, 142(3): 458–464.

Rainio, J. and Niemela, J. 2002. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. Biodivers. Conserv. 12: 487-506.

Rosas-Ramos, N., Baños-Picón, L., Trivellone, V., Moretti, M., Tormos, J., and Asís, J. D. 2019. Ecological infrastructures across Mediterranean agroecosystems: Towards an effective tool for evaluating their ecological quality. Agric. Syst. 173: 355-363.

Sáenz-Romo, M. G., Veas-Bernal, A., Martínez-García, H., Ibáñez-Pascual, S., Martínez-Villar, E., Campos-Herrera, R., ... and Pérez-Moreno, I. 2019. Effects of ground cover management on insect predators and pests in a Mediterranean vineyard. Insects, 10(12), 421.

Shannon C.E.1949. The mathematical theory of communication. The Mathematical Theory of Comunication. Shannon C.E., Weaver, W., eds. University of Illinois Press. Urbana pp.29-125.

Tablas

Tabla 1. Índices de biodiversidad según la distancia a la infraestructura ecológica (trampas cromáticas).

	Las Paules	Revillas		Valcabada			Zabala		
Distancia a la infraestructura ecológica		**5 m**	**10 m**	**5 m**	**15 m**	**25 m**	**5 m**	**15 m**	**25 m**
Índice de Shannon	1,38	1,66	1,65	1,46	1,46	1,38	1,41	1,23	1,08
Índice de Pielou	0,58	0,63	0,67	0,61	0,59	0,58	0,59	0,49	0,45
Relación entre superficie de la parcela y perímetro con vegetación	14,8	23,9		8,28			7,92		

Tabla 2. Índices de biodiversidad según la gestión del suelo (trampas *pitfall*)

	Cubierta vegetal	**Laboreo**
Índice de Shannon	2,25	1,90
Índice de Pielou	0,63	0,58

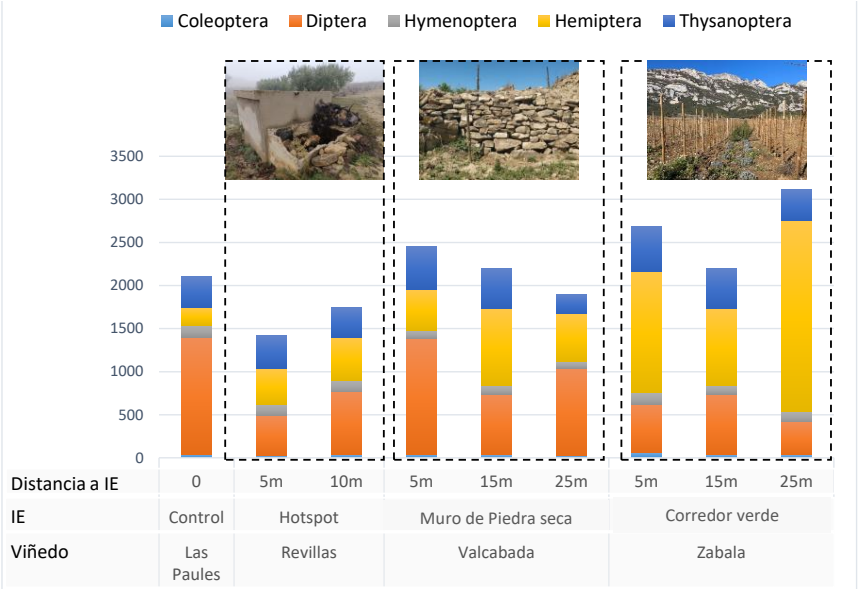


Figura 1. Número total de individuos clasificados por orden en las trampas cromáticas según la distancia a la infraestructura ecológica (IE).

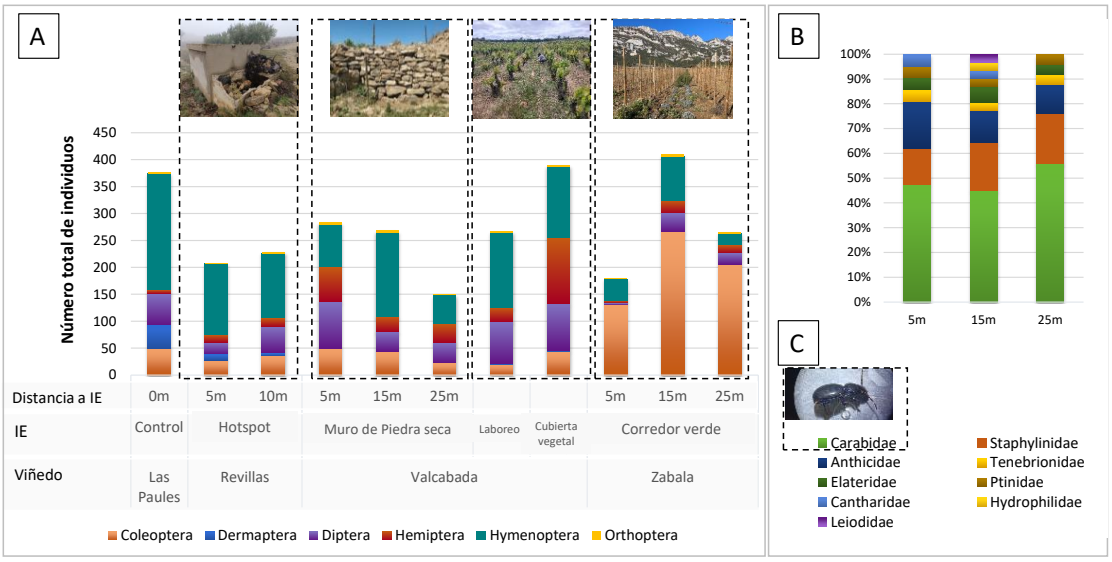


Figura 2. A. Número de individuos capturados en las trampas *pitfall* según la distancia a la infraestructura ecológica (IE). B: Porcentaje de familias de Coleópteros en Zabala. C: Imagen

Principales impactos del cambio climático en cultivo de la vid en la D.O. Empordà y estrategias de adaptación en la media montaña mediterránea.

Funes I. [1*], Sánchez-Costa E.[1], de Herralde F.[1], Prohom M.[2], Altava-Ortiz V.[2], Barrera-Escoda A.[2], Aranda X.[1], Sánchez-Ortiz, A., Savé R.[1]

[1]IRTA (Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias), Torre Marimón. Caldes de Montbui (Barcelona)

[2]Servei Meteorològic de Catalunya (Barcelona)

*Autora: Inmaculada.funes@irta.cat

Resumen

Para evaluar la idoneidad del cultivo de la vid a lo largo del siglo XXI en una región mediterránea como la D.O. Empordà, se estimaron las necesidades hídricas netas, además de algunos indicadores agroclimáticos y fenológicos a partir de proyecciones de temperatura y precipitación a 1 km de resolución para los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y 8.5. El seguimiento del contenido de agua en el suelo sirvió para probar como ciertas prácticas agrícolas como las cubiertas vegetales pueden ayudar a incrementar la adaptación en la montaña media mediterránea. Los resultados muestran como la magnitud de los impactos en las necesidades de agua podría variar en ambas partes de la D.O. (Alt y Baix Empordà) con respeto al período de referencia (1971-2005). Las necesidades de agua a final de siglo serían entre 2 y 4 veces más grandes que las actuales, la fecha de floración se avanzaría de 3 a 6 semanas, la fecha de cosecha de 1 a 2,5 meses y los ciclos del cultivo se acortarían de 10 a 40 días. El número de días con temperaturas superiores a 30ºC durante la maduración podría aumentar del 48 al 67% y el número de noches tropicales en esta fase podría aumentar del 28 al 74%. El impacto del cambio climático en la D.O. generaría importantes limitaciones para el cultivo de la vid y la producción de vino si no se aplican estrategias de adaptación. Para el período 2020-2021 el contenido de agua en el suelo presentó mayores valores para los viñedos con una cubierta vegetal bien establecida (respecto al tratamiento convencional con arado y herbicida). Estos resultados pueden servir como base para el diseño de estrategias de adaptación específicas para mejorar y mantener la superficie de vid en el área de estudio e incluso ser extrapolados a otras regiones similares de la cuenca del Mediterráneo.

Palabras clave: necesidades hídricas netas, indicadores agroclimáticos, indicadores fenológicos, proyecciones de cambio climático.

INTRODUCCIÓN

En la región mediterránea, se espera que el viñedo se vea muy afectado por el cambio climático. Los principales impactos serían cambios en fenología y ciclo de crecimiento, una mayor demanda y escasez de agua, rendimientos decrecientes y/o limitaciones en la salinidad del suelo. El diagnostico de los impactos del cambio climático es de gran utilidad para proponer y ejecutar estrategias de adaptación a escala local/regional para hacer que los viñedos sean más resilientes. Algunos trabajos previos (Savé et al., 2012; Funes et al. 2021) ya han supuesto, en este sentido, un importante antecedente para el área de estudio y un punto de partida para la simulación de estrategias de adaptación y mitigación, fundamentales para el diseño de sistemas agrícolas más resilientes en Catalunya. El objetivo principal de este estudio fue evaluar la

idoneidad del cultivo de la vid en una D.O. de Catalunya como la D.O. Empordà a lo largo del siglo XXI. Los objetivos específicos fueron: 1) estimar las necesidades hídricas netas (NHN) del viñedo en la DO Empordà para el período de referencia y dos períodos futuros (década de los 2030 y 2070; 2030s y 2070s, respectivamente) bajo dos escenarios de cambio climático, con el fin de evaluar la idoneidad agrícola en términos de requisitos de agua; 2) estimar un conjunto de parámetros agroclimáticos capaces de indicar las consecuencias del cambio climático en la fenología del cultivo, el ciclo vegetativo y la calidad de la vid, con el fin de comprender y gestionar mejor los riesgos que plantea el cambio climático; y 3) evaluar diferentes prácticas agronómicas para la adaptación al cambio climático.

MATERIAL Y MÉTODOS

La zona de estudio contiene el área ocupada por la DO Empordà (Catalunya-NE España), dividida en dos áreas geográficamente separadas (Alt Empordà y Baix Empordà). Los cálculos se realizaron utilizando datos climáticos a partir de simulaciones regionalizadas a una escala de resolución espacial de 1 km para un período de control (1971-2005) y para todo el siglo XXI (2006-2100) bajo dos escenarios de cambio climático: RCP 4.5 y RCP 8.5, escenarios de estabilización y extremo, respectivamente (IPCC, 2014). Para cada píxel con presencia de viña se calcularon índices fenológicos, indicadores agroclimáticos y NHN. Los cálculos se realizaron por píxel y año, usando el lenguaje de programación R (R Core Team, 2020). Las NHN se estimaron siguiendo el documento de la FAO-56 (Allen et al., 1998), estimando la evapotranspiración potencial (ET_o) según Hargreaves and Samani (1985), utilizando el kc del viñedo (ACA & IRTA, 2008) y mediante un balance atmosfera-planta-suelo a escala diaria. Los grados día acumulados durante la fase de crecimiento que definen los días transcurridos entre cada etapa fenológica, fueron calculados según Ramos et al. (2008) y basados en observaciones fenológicas en Catalunya. Los indicadores fenológicos calculados fueron la fecha de floración, la fecha de cosecha y la duración del ciclo vegetativo. En cuanto a los indicadores agroclimáticos, algunos de ellos engloban la fase de maduración: de envero a cosecha (fase III), dado que la temperatura afecta a los parámetros de calidad de la uva durante esta fase. Dichos indicadores fueron DTR III (amplitud térmica diaria, en ºC,), NT20 III (número de noches tropicales) y TN III (valor medio de la temperatura mínima, en ºC). Además, se calculó el coeficiente de escorrentía (CE; mm mm $^{-1}$) y el contenido de agua en el suelo (SWC; m^3 m^{-3}) en tres tratamientos con cubierta vegetal en un viñedo localizado en el municipio de Espolla: 1) una cubierta vegetal bien establecida (WE); 2) una cubierta nueva (NC) y 3) una gestión convencional del suelo (arado; CM).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran que las NHN podían incrementar de media entre 70 y 90 mm·año $^{-1}$ en la DO Empordà a finales de siglo (2070s) según el escenario más extremo (RCP 8.5). Estos incrementos en las necesidades hídricas suponen unos incrementos entre 240 y 360 % de las actuales necesidades hídricas que oscilan en promedio entre 25-30 mm·año^{-1} (Fig. 1).

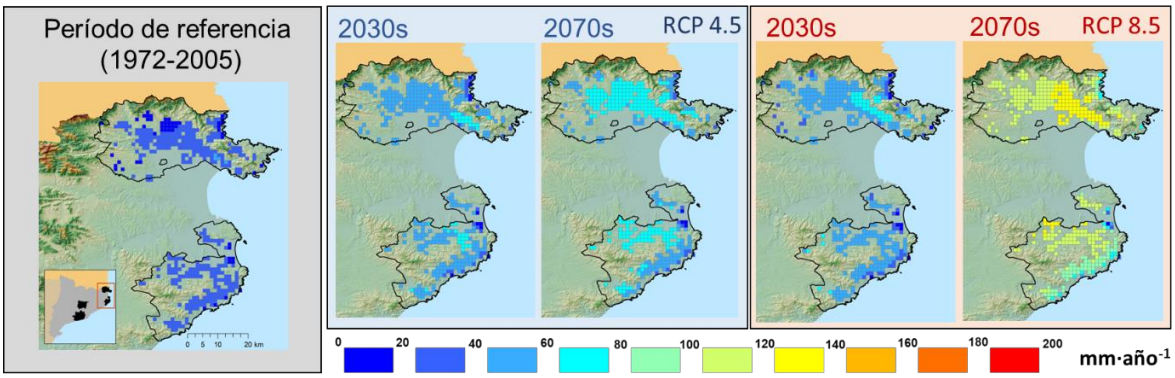


Fig. 1. Necesidades hídricas netas proyectadas (mm·año^{-1}) de la DO Empordà (Alt i Baix Empordà) para dos escenarios de cambio climático: RCP 4.5 (azul) y RCP 8.5 (rojo) y dos décadas futuras: 2030s y 2070s (derecha). El período de referencia (1972-2005) se muestra a la izquierda.

En la próxima década (2030s), el ciclo vegetativo podría acortarse en alrededor de un mes para ambos escenarios climáticos. A finales de siglo, los ciclos vegetativos podrían ser hasta -32 días más cortos que el período de referencia. El avance del ciclo vegetativo se evaluó estimando la fecha de floración y cosecha. La fecha de floración podría adelantarse aproximadamente un mes en la década de 2070s para el escenario más dramático. Además, la fecha de cosecha se podría adelantar de media más de un mes para la próxima década y de -45 y -69 días en Alt y Baix Empordà, respectivamente, para la década de 2070s, si se considera el escenario RCP 8.5 (Tabla 1).

Tabla 1.- Valores promedio proyectados de índices fenológicos e indicadores agroclimáticos para el período de referencia (1972-2005) y proyecciones futuras para dos escenarios de cambio climático (RCP) y dos décadas (2030s y 2070s). AE: Alt Empordà; BE: Baix Empordà. * = Durante la maduración.

Período		DO	Ciclo vegetativo		Fecha de floración		Fecha de cosecha		Noches tropicales (días) *		Amplitud térmica diaria (ºC) *		Temperatura mínima diaria (ºC) *	
Período de referencia (1972-2005)		**AE**	200.5		21-maig		29-set		12.5		11.8		17.4	
		BE	222.6		28-maig		27-oct		8.3		11.3		16.7	
			Δ días		**Δ días**		**Δ días**		**Δ días**		**Δ ºC**		**Δ ºC**	
			RCP 4.5	**RCP 8.5**	**RCP 4.5**	**RCP 8.5**	**RCP 4.5**	**RCP 8.5**	**RCP 4.5**	**RCP 8.5**	**RCP 4.5**	**RCP 8.5**	**RCP 4.5**	**RCP 8.5**
Proyecciones futuras	**2030s**	**AE**	-11	-7	-8.5	-8.4	-20	-22	5	4	0.6	0.5	0.8	0.7
		BE	-26	-26	-15	-14	-43	-45	9.4	10.4	0.1	-0.2	1.5	1.6
	2070s	**AE**	-13	-16	-14	-29	-30	-45	6.2	11.5	1	1.7	1.1	1.7
		BE	-29	-32	-20	-35	-54	-69	11.8	17.8	0.5	0.9	1.8	2.5

Los indicadores agroclimáticos aumentaron para todos los horizontes temporales y ambos escenarios (Tabla 1). Las noches tropicales podrían ascender unos +5 y +10 días en el Alt y Baix Empordà, respectivamente, para la próxima década (Tabla 1). Según el escenario RCP 8.5, a finales de siglo las noches tropicales podrían ser +18 días que el período de referencia, la amplitud térmica diaria podría aumentar oscilando entre +1 y +2 y la temperatura

mínima diaria podría aumentar de +1.7 a +2.5 (Tabla 1). Este estudio muestra aumentos significativos en las necesidades hídricas durante el siglo XXI para los viñedos de la DO Empordà, directamente relacionados con el aumento de la evapotranspiración durante la temporada de crecimiento. El aumento generalizado de NHN y la baja disponibilidad de agua para riego podrían desafiar la viabilidad de la producción de vid en el área de estudio si no se implementan adaptaciones. Además, se estimó un adelanto y acortamiento general del ciclo vegetativo y cambios de temperatura durante la maduración que afectarían a la calidad de la vid. Los resultados mostraron, además, como los viñedos con el tratamiento WE presentaban un mayor SWC y menor CE, en general, a lo largo de casi todo el año. Todos estos resultados representan un punto de partida para simular estrategias de adaptación y diseñar un viñedo más resiliente.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido realizado y financiado en el marco del proyecto LIFE MIDMACC (LIFE18 CCA/ES/001099), DEMOS CLIMAVIT21 (Ref.: 056_2018) y DEMOS-SECAREGVIN (Ref.:058_2019), financiados a través de la operación 01.02.01 de Transferència Tecnològica del Programa de desenvolupament rural de Catalunya 2014-2020. Dept. Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural-GENCAT/FEADER.

REFERENCIAS

ACA & IRTA. 2008. Pla per a l'eficiència en l'ús de l'aigua per a reg agrícola. Agència Catalana de l'Aigua i Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration —guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization, Rome.

Funes, I., Savé, R., De Herralde, F., Biel, C., Pla, E., Pascual, D., Zabalza, J., Cantos, G., Borràs, G., Vayreda, J., Aranda, X. 2021. Modeling impacts of climate change on the water needs and growing cycle of crops in three Mediterranean basins. Agricultural Water Management. Vol 249, 106797, ISSN 0378-3774.

IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.). IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/

Hargreaves, G.H. and Z.A. Samani, 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. Transaction of ASAE 1(2):96-99.

R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. https://www.R-project.org/

Ramos, M., Jones, C. & Martínez-Casanovas, J. 2008. Structure and trends in climate parameters affecting winegrape production in northeast Spain. *Climate research*. Vol. 38: 1-15.

Savé, R., de Herralde, F., Aranda, X., Pla, E., Pascual, D., Funes, I., and Biel, C. 2012. Potential changes in irrigation requirements and phenology of maize, apple trees and alfalfa under global change conditions in Fluvia watershed during XXIst century: Results from a modeling approximation to watershed-level water balance. Agricultural Water Management 114, 78-87.

Efecto combinado del deshojado y el sombreo sobre la maduración de la uva en Manto negro (*Vitis vinifera* L.) con dos estrategias de riego

Esther Hernández-Montes[1,3*], Belén Padilla[2], Jaume Puigserver[1], Josefina Bota[1]
[1]Universitat de les Illes Balears, Palma (Mallorca), Islas Baleares, España.
[2] Bodegas Ribas, Consell (Mallorca), Islas Baleares, España.
[3] Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
**Esther Hernández-Montes: esther.hmontes@upm.es*

Resumen

Las olas de calor son cada vez más frecuentes e intensas durante el periodo de maduración de la uva, suponiendo un reto adicional para la producción de uva en zonas cálidas. El deshojado es una práctica agronómica que puede mejorar el control de enfermedades fúngicas en el fruto, pero también aumentar la exposición de los racimos a la radiación solar, llegando a alcanzar temperaturas excesivas para una maduración óptima. Durante 2021 y 2022 se llevaron a cabo experimentos con la variedad Manto negro en un viñedo comercial (Bodega Ribas, Mallorca) donde se estudió el efecto de dos tratamientos de riego y tres tratamientos de exposición de los racimos: i) no expuestos (control, C), ii) deshojado desde el tamaño del guisante (D) y iii) deshojado desde tamaño guisante y más tarde sombreados al inicio del envero (D+S). Se midió el índice de área foliar, la porosidad del dosel vegetal, así como el potencial hídrico de tallo a medio día en las plantas control. Se cuantificó la intensidad de radiación y temperatura de los racimos. Se analizó el efecto de los tratamientos sobre el peso de baya, sólidos solubles totales, acidez total, ácido málico, ácido tartárico, potasio y pH en 5 momentos de la maduración de la uva. La técnica de sombreo redujo la temperatura máxima del racimo en hasta 12 °C respecto a los racimos expuestos en ambas estrategias de riego. La combinación de las técnicas de defoliación y sombreo después del ablandamiento de baya disminuyó los sólidos solubles totales en la vendimia y afectó a la mayoría de los parámetros de calidad durante las últimas fases de maduración, mostrándose como una técnica interesante para retrasar la maduración en zonas vitícolas cálidas y reducir las pérdidas de producción debidas al exceso de radiación.

Palabras clave: exposición del racimo, composición de la baya, déficit hídrico, altas temperaturas, sombreo.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático está provocando un avance en la maduración de los frutos y en la fenología de las plantas debido, principalmente, al aumento de las temperaturas. Las olas de calor son cada vez más frecuentes e intensas durante el periodo de maduración, provocando un desequilibrio en la maduración de las bayas, lo que se traduce en mostos y vinos desequilibrados (Sadras y Moran, 2012; Venios et al., 2020). Uno de los efectos asociados a las altas temperaturas es el adelanto de la maduración unido a una mayor acumulación de azúcar, lo que conlleva a un mayor contenido de alcohol en el vino (Duchêne & Schneider 2005, Alston et al. 2011, Neethling et al. 2012). Además, las altas temperaturas aceleran la disminución de la acidez de la uva, principalmente debido a una degradación más rápida del ácido málico (Lakso & Kliewer, 1975; Spayd et al., 2002; Sweetman et al., 2014), disminuyendo la acidez total titulable del mosto (Kliewer, 1965) y afectando al equilibrio entre

azúcares y ácidos. La baya acumula ácido málico en gran parte a través del metabolismo de los azúcares transportados a la baya (Sweetman et al., 2009), pero también potencialmente a través de la fotosíntesis del fruto que compensa en parte las pérdidas respiratorias (Hale & Weaver, 1962; Hernández-Montes et al., 2021). La regulación del metabolismo del ácido málico difiere entre los estados de maduración de la baya antes de envero y después de envero (Sweetman et al., 2014).

Las uvas expuestas a la radiación solar alcanzan temperaturas superiores a las óptimas para el desarrollo y la maduración de las bayas. Este problema es aún mayor cuando se llevan a cabo prácticas de deshojado para mejorar el control de las enfermedades en la zona del racimo, aumentando la exposición de los racimos a la luz solar y agravando las consecuencias del exceso de radiación y temperatura sobre el rendimiento y la calidad de la uva. Por lo tanto, el desarrollo de técnicas de riego y manejo de la vegetación es de gran importancia para maximizar el rendimiento y la calidad hasta las últimas etapas de la maduración de la uva. La exclusión parcial de la radiación solar con mallas de sombreo ha demostrado ser una técnica útil para evitar la sobreexposición al sol y reducir la temperatura del racimo (Martínez-Lüscher et al., 2017). Sin embargo, las mallas de sombreo tienen un coste de instalación y pueden interferir con varias prácticas en los viñedos, lo que dificulta su aplicación en muchas zonas vitivinícolas. Con el fin de investigar alternativas de sombreo más baratas, y su interacción con el riego, el objetivo de este estudio fue investigar el efecto de diferentes tratamientos de riego y tratamientos de exposición a la luz sobre la maduración de la uva.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en un viñedo comercial de Bodegas Ribas (Consell, Mallorca, España) durante los años 2021 y 2022 utilizando el cultivar Manto negro (*Vitis vinifera* L.) injertado sobre Richter-110. El viñedo se plantó en 2015, las plantas se formaron en cordón simple, dejando 10-12 yemas por metro lineal. El marco de plantación fue 2,4 mx 1 m. La orientación de las filas fue NE-SO.

El diseño experimental fue en bloques al azar, con 4 bloques donde se distribuyeron los diferentes tratamientos. En cada bloque se distribuyeron dos tratamientos de riego: estrés moderado (HF), regado para mantener los valores de potencial hídrico del tallo a medio día solar por encima de -0,9 MPa; y estrés severo (LF), regado para mantener los valores de potencial hídrico del tallo a mediodía solar por encima de -1,3 MPa. Se aplicaron tres tratamientos de exposición a la luz de forma aleatoria a lo largo de las filas de cada bloque: control (C), deshojado en tamaño guisante (D), y deshojado en tamaño guisante seguido de sombreo cuando las bayas empezaron a enverar (D+S). El deshojado se realizó únicamente en el lado este, quitando las hojas desde la base del pámpano hasta llegar al segundo racimo. El sombreo se realizó simulando una "cortina" utilizando los pámpanos de la propia planta.

Las dosis de riego se calcularon semanalmente a partir de la ETo registrada por una estación meteorológica. El coeficiente de cultivo para el HF se fijó en un 40%. El riego se aplicó mediante riego por goteo (1 gotero por planta, 3,3 L/h)**.** El estado hídrico de las plantas se controló semanalmente mediante la medida del potencial hídrico de tallo a mediodía utilizando una cámara de presión tipo Scholander. Además, durante 2021, se midió la conductividad eléctrica aparente entre hileras para cuantificar el contenido de agua del suelo en todas las repeticiones, utilizando el dispositivo EM38 (Geonics Ltd, Ontario, Canadá).

Se instalaron sensores de luz y temperatura (HOBO Pendant® modelo UA-002-64, Bourne, MA) a nivel de racimo para cuantificar las diferencias de temperatura e intensidad de luz entre los tratamientos.

Se recogieron muestras de bayas (100 bayas) en bolsas de plástico en cinco momentos de la maduración de las bayas. Las muestras se trasladaron al laboratorio en una nevera portátil, luego se pesaron las muestras y se prensaron dentro de las bolsas de plástico. Se analizó el efecto del riego y de la exposición a la luz del racimo sobre el peso de las bayas, SST, ATT, ácido málico, ácido tartárico, K+ y pH.

Los datos se procesaron mediante procedimientos de análisis de varianza (ANOVA), y las medias se separaron mediante la prueba de Tukey utilizando JMP 14 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las temperaturas máximas y la radiación aumentaron significativamente en los racimos deshojados, respecto de los racimos no deshojados (control). Durante una ola de calor, el sombreo en el lado Este después del ablandamiento de las bayas redujo las temperaturas máximas del racimo hasta en 12 ºC en comparación con las vides deshojadas y no sombreadas (Figura 1). Esta reducción se produjo en ambos tratamientos de riego y a lo largo del día, con la mayor reducción de temperatura al mediodía. Durante las olas de calor registradas en los veranos 2021 y 2022, los racimos sombreados registraron una temperatura similar a los de control.

Las medidas de potencial hídrico del tallo mostraron un aumento progresivo del estrés hídrico de la planta a lo largo del verano. Los resultados de potencial hídrico de tallo mostraron un efecto significativo del tratamiento de riego únicamente en el año 2022 (Figura 2). En cuanto a la composición del fruto, el peso de las bayas, la acidez total y la concentración de málico se vieron afectadas por el tratamiento de riego en la mayoría de las fechas de muestreo en 2021 y en 2022 (datos mostrados únicamente para los muestreos de vendimia, Tabla 1 y Tabla 2). En consecuencia, el peso del racimo también se vio afectado por las cantidades de riego en los dos años (datos no mostrados). En las Tablas 1 y 2 se muestra el efecto del riego y del manejo de la vegetación sobre la composición del mosto en vendimia para el año 2021 y 2022. El peso de baya se vio afectado por el riego y el manejo de la vegetación en los dos años. Las plantas sometidas a un estrés moderado obtuvieron el mayor peso de baya. En 2021, el efecto del manejo de la vegetación sobre el peso de baya dependió del tratamiento de riego debido a la interacción significativa de ambos efectos en este parámetro (Tabla 1). Los sólidos solubles totalesy la concentración de ácido tartárico se vieron afectados por los tratamientos de manejo de la vegetación en los dos años. El riego incrementó la concentración de ácido málico en vendimia en 2021 y 2022, viéndose afectado por el tratamiento de manejo de la vegetación únicamente en 2021. El pH y el TA se vieron afectados por el tratamiento de riego, En 2022 los tratamientos tuvieron un efecto similar en la maduración del fruto, viéndose diluido el efecto del manejo de la vegetación sobre los parámetros de maduración en vendimia (Tabla 2), pero no en el resto de muestreos (datos no mostrados). La concentración de potasio se vio influida por el tratamiento de riego únicamente en el muestreo de vendimia 2022 (Tabla 2)..

La técnica de "sombreo natural" redujo la temperatura del racimo respecto a las plantas deshojadas en los días más calurosos del verano, manteniendo los valores de peso de

las bayas similares a los de las plantas control. El deshojado seguido de un sombreo natural tras el ablandamiento de las bayas aumentó la concentración de ácido málico respecto a las plantas deshojadas en condiciones de estrés hídrico moderado. La concentración de tartárico aumentó en las plantas deshojadas respecto al control.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto RTI2018-094470RC22 (FEDER/Ministerio de Ciencia e Innovación – Agencia Estatal de Investigación), y por el programa Margalida Comas, Vicepresidència i Conselleria d'Innovació, Recerca i Turisme del Govern de les Illes Balears, financiado en un 50% por el Fondo Social Europeo de las Islas Baleares (2014-2020).

REFERENCIAS

Hale, C. R., & Weaver, R. J. (1962). The effect of developmental stage on direction of translocation of photosynthate in *Vitis vinifera* . *Hilgardia*, *33*(3), 89–131. https://doi.org/10.3733/hilg.v33n03p039

Hernández-Montes, E., Zhang, Y., Chang, B. M., Shcherbatyuk, N., & Keller, M. (2021). Soft, sweet, and colorful: Stratified sampling reveals sequence of events at the onset of grape ripening. *American Journal of Enology and Viticulture*, *72*(2), 137–151. https://doi.org/10.5344/ajev.2020.20050

Kliewer, W. M. (1965). Changes in the Concentration of Malates, Tartrates, and total free Acids in Flowers and Berries of *Vitis vinifera*. *American Journal of Enology and Viticulture*, *16*(2), 92–100. http://www.ajevonline.org/content/16/2/92.abstract

Lakso, A. N., & Kliewer, W. M. (1975). The Influence of Temperature on Malic Acid Metabolism in Grape Berries. *Plant Physiology*, *56*(3), 370–372. https://doi.org/10.1104/pp.56.3.370

Martínez-Lüscher, J., Chen, C. C. L., Brillante, L., & Kurtural, S. K. (2017). Partial Solar Radiation Exclusion with Color Shade Nets Reduces the Degradation of Organic Acids and Flavonoids of Grape Berry (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *65*(49), 10693–10702. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04163

Sadras, V. O., & Moran, M. A. (2012). Elevated temperature decouples anthocyanins and sugars in berries of Shiraz and Cabernet Franc. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, *18*(2), 115–122. https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2012.00180.x

Spayd, S. E., Tarara, J. M., Mee, D. L., & Ferguson, J. C. (2002). Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. *American Journal of Enology and Viticulture*, *53*(3), 171–182.

Sweetman, C., Sadras, V. O., Hancock, R. D., Soole, K. L., & Ford, C. M. (2014). Metabolic effects of elevated temperature on organic acid degradation in ripening *Vitis vinifera* fruit. *Journal of Experimental Botany*, *65*(20), 5975–5988. https://doi.org/10.1093/jxb/eru343

Sweetman, Crystal, Deluc, L. G., Cramer, G. R., Ford, C. M., & Soole, K. L. (2009). Regulation of malate metabolism in grape berry and other developing fruits. *Phytochemistry*, *70*(11–12), 1329–1344. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2009.08.006

Venios, X., Korkas, E., Nisiotou, A., & Banilas, G. (2020). Grapevine responses to heat stress and global warming. In *Plants* (Vol. 9, Issue 12, pp. 1–15). https://doi.org/10.3390/plants9121754

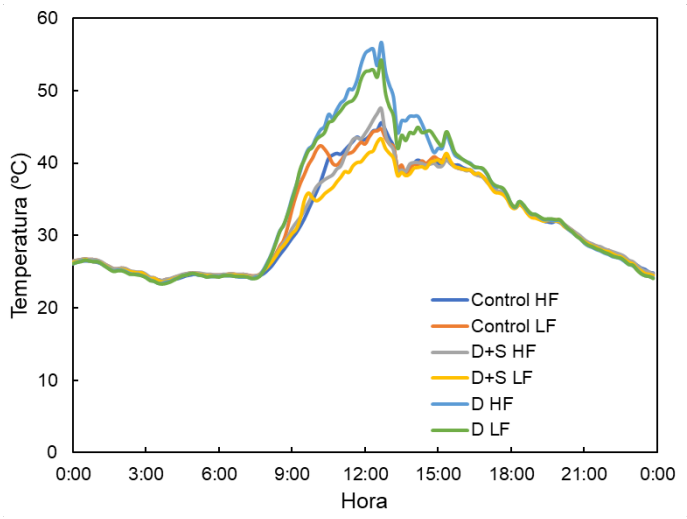


Figura 1. Temperaturas máximas medidas a la altura de racimo en los diferentes tratamientos durante la ola de calor del 12 de agosto de 2021.

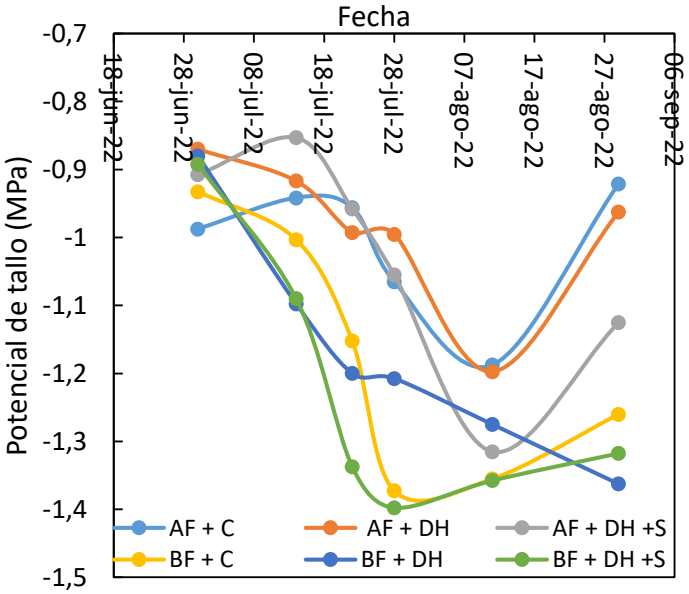


Figura 2. Potencial hídrico de tallo a medio día solar medido en los diferentes tratamientos en la variedad Manto negro (Consell, Mallorca, España) durante 2022.

Tabla 1. Peso de baya y composición de mosto en vendimia 2021 en los diferentes tratamientos (control, deshojado y deshojado+sombreo) en la variedad Manto negro (Consell, Mallorca, España)

Tratamiento riego	Tratamiento vegetación	Peso baya (g)	Sólidos solubles totales (ºBrix)	pH	Acidez total titulable (g/L)	Ácido málico (g/L)	Ácido tartárico (g/L)	Potasio (mg/L)
Estrés moderado	C	2,72 a	26,18	4,06	2,96	1,68 a	4,95 b	2516
	D	2,40 b	25,55	4,01	3,21	1,36 ab	5,32 a	2546
	D+S	2,70 a	25,18	4,02	3,13	1,56 ab	4,83 b	2402
Estrés severo	C	2,46 ab	24,73	3,97	3,04	1,31 ab	4,95 b	2340
	D	2,45 ab	25,95	4,00	2,98	1,18 b	5,11 ab	2436
	D+S	2,64 ab	25,18	3,97	2,89	1,29 ab	4,95 b	2336
Significancia de los efectos	Riego	**	ns	**	**	***	ns	ns
	Vegetación	***	**	ns	ns	**	***	ns
	R x V	**	ns	ns	**	ns	**	ns

Tabla 2. Peso de baya y composición de mosto en vendimia 2022 en los diferentes tratamientos (control, deshojado y deshojado+sombreo) en la variedad Manto negro (Consell, Mallorca, España)

Tratamiento riego	Tratamiento vegetación	Peso baya (g)	Sólidos solubles totales (ºBrix)	pH	Acidez total titulable (g/L)	Ácido málico (g/L)	Ácido tartárico (g/L)	Potasio (mg/L)
Estrés moderado	C	2,08 a	25,48 bc	4,05	2,68	1,26 ab	4,77 cd	2596
	D	1,98 a	25,28 bc	4,00	2,70	1,08 abc	5,04 bc	2710
	D+S	2,15 a	24,90 c	4,02	2,79	1,29 a	4,57 d	2599
Estrés severo	C	1,69 ab	26,90 a	4,07	2,79	0,98 abc	5,61 a	2981
	D	1,23 b	27,45 a	3,98	2,87	0,85 c	5,44 a	3023
	D+S	1,89 ab	26,23 ab	4,00	2,63	0,86 bc	5,30 ab	2830
Significancia de los efectos	Riego	***	***	ns	ns	***	***	**
	Vegetación	*	*	ns	ns	ns	**	ns
	R x V	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Desarrollo de dos estrategias de fertilización orgánica en viña adaptadas a condiciones del cambio climático

J. Onieva[1]*, J.F. Cibriain[1]

[1] Negociado de Viticultura. Gobierno de Navarra, C/ Valle de Orba, 34 - 31390 Olite, Navarra.

*E-mail: julen.onieva.iturgaiz@navarra.es

Resumen

En el ámbito del manejo racional de los factores de producción, se considera interesante plantear un esquema de fertilización en viña como alternativa a los actualmente vigentes, que varían desde abonados masivos e irregulares mediante la utilización de abonos de síntesis, a prácticas de abonado inexistentes, mediante un abonado sostenible y más racional basado en una fertilización orgánica regular, moderada y de periodicidad anual. El ensayo ha consistido en aplicar dos estrategias de aporte orgánico en viña. En ambas estrategias, se ha realizado un abonado de fondo, que denominamos fertilización orgánica de restitución, que viene a sustituir los productos de síntesis comúnmente utilizados por enmiendas y abonos orgánicos y este se ha complementado con la aplicación de técnicas novedosas como son las aplicaciones foliares y la fertirrigación. La diferencia en ambas estrategias se encuentra en el origen de los productos orgánicos utilizados. En la primera estrategia se han utilizado productos orgánicos de origen animal, mientras que en la segunda los productos utilizados son de origen vegetal. El ensayo se ha efectuado en una de las parcelas experimentales de EVENA, sobre la variedad Tempranillo. Por un lado, se han realizado controles agronómicos: peso de racimo (g), número de racimos, peso de uva (kg/cepa), peso de madera de poda (kg) y peso de 100 bayas (g). Por otro lado, se realizan controles de maduración tanto en uva como en mosto y vino, como son: Grado probable, pH, Acidez total, A. Málico, NFA, Mg, K, Ca etc. Por último, se elaboran microvinificaciones de aproximadamente 80 litros, obteniendo un vino tratamiento y otro testigo. Tras realizar un análisis estadístico de los datos obtenidos en la campaña 2021, solamente se han observado diferencias significativas en el ácido málico en la uva. Además, se observan varias tendencias interesantes. Desde el punto de vista productivo, se mantienen los niveles de rendimiento óptimos marcados por las figuras de calidad existentes en la Comunidad Foral de Navarra. Desde el punto de vista cualitativo, valores como el pH o la acidez son mejorados, consiguiendo mosto de más acidez y con menor pH. Se ha observado una tendencia a retrasar el ciclo de maduración, aspecto de interés relacionado con el cambio climático.

Palabras clave: abonado, fertirrigación, restitución, retraso madurez, microvinificación

INTRODUCCIÓN

La Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV) define la Vitivinicultura Sostenible (OIV, 2004) como una forma de entender la viticultura que aprovecha las potencialidades de un determinado entorno vitícola sobre la base del respeto al medio ambiente, la rentabilidad entendida de una forma más equilibrada y solidaria, la apuesta por la

biodiversidad del medio y la diversidad genética, el manejo racional de los factores de producción y que tiene en cuenta los cambios relacionados con la crisis climática.

Dentro de estos factores de producción, los objetivos de este ensayo son, por un lado, establecer estrategias de abonado a partir de productos autorizados en agricultura ecológica combinando aplicaciones de productos de distinto origen y, por otro lado, evaluar su influencia sobre parámetros agronómicos, de maduración y aspectos relativos a la vinificación y la calidad de los vinos resultantes.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se sitúa en la parcela experimental de Baretón (Olite), gestionada por la Sección de Viticultura y Enología del Gobierno de Navarra. La parcela destaca por ser un suelo eminentemente calcáreo con un pH medio de 8,2. Se han realizado dos estrategias de abonado orgánico sobre la variedad Tempranillo, pero sobre diferentes biotipos. El marco de plantación de la parcela en la que hemos realizado el ensayo es 2,40×1,20 m. El sistema de conducción es en espaldera con un sistema de formación de cordón doble Royat con 6 pulgares por cepa.

En ambas estrategias orgánicas, se han realizado un abonado de fondo, complementado con varias aplicaciones tanto radiculares como foliares con productos orgánicos de diferente origen. Por un lado, la primera estrategia, ha consistido en utilizar productos orgánicos de origen animal; mientras que, en la segunda estrategia, los productos orgánicos utilizados son de origen vegetal.

En cada estrategia se establecen dos variantes. La que denominamos variante Tratamiento, en la que se han realizado las aplicaciones complementarias de abonado, y otra, a la cual denominamos Testigo, en la que solo se ha aplicado el abonado de fondo, es decir, el abonado de restitución (no ha recibido ningún abono complementario).

En cada variante se realizan 3 repeticiones y se han elaborado dos vinos por estrategia, uno tratamiento y otro del testigo.La primera estrategia consiste en la aplicación de una mezcla de gallinaza y harina de plumas, cuya riqueza es un 6-3-4, a una dosis de 1000 kg/ha, complementada con aplicaciones de productos orgánicos de origen animal. La segunda estrategia, se aplica estiércol de ovino compostado, cuya riqueza es 2-2-2 y la dosis empleada ha sido de 1500 kg/ha. Ha sido complementado con productos orgánicos de origen vegetal. Tanto las unidades fertilizantes como el número de aplicaciones efectuadas en ambas estrategias se reflejan en la Tabla 1. Los tratamientos foliares se realizan mediante un nebulizador suspendido al tractor. La aplicación vía radicular (fertirrigación) se lleva a cabo mediante una bomba eléctrica.

Durante la vendimia se lleva a cabo un control de los parámetros agronómicos más interesantes: fertilidad (Número de racimos / cepa), peso de racimo, rendimiento (peso de uva / cepa). Por último, durante la poda, se controla el vigor de las cepas midiendo el peso de madera de poda por cepa.

En el momento de la vendimia se toma una muestra por repetición y se determina: peso de baya (peso de 100 bayas), grado alcohólico probable, pH, acidez total, ácido málico y

metales.

En cuanto a las microvinificaciones, la uva entra en bodega tras ser vendimiada e inmediatamente se procede al despalillado. El mosto obtenido se vierte en dos depósitos (un depósito tratamiento y otro testigo) de 80 L para cada una de las estrategias.

RESULTADOS Y CONCLUSIÓN

En cuanto a los resultados obtenidos, en las Tablas 2 y 3, se visualizan los diferentes parámetros estudiados durante la campaña 2021 en ambas estrategias. En color rojo se muestran los parámetros en los que se han detectado diferencias significativas.

Desde el punto de vista productivo, en ambas estrategias se ha conseguido mantener niveles de rendimiento óptimos. Con los complementos orgánicos aplicados, el rendimiento (kg uva/ cepa) ha sido superior en la variante tratamiento respecto a la variante testigo, sin llegar a ser significativo.

Se han observado diferencias significativas en el dato del ácido málico en la segunda de las estrategias realizadas. Si se toma la concentración de ácido málico como indicativo de la madurez de la uva teniendo en cuenta su degradación a lo largo del ciclo de maduración, se puede concluir que el aporte orgánico adicional puede provocar un alargamiento en el ciclo, ralentizando la degradación del ácido málico en el periodo de maduración (Cibriain, et al., 2019).

En ambas estrategias, parámetros como el pH o la acidez, sin resultar significativos, han sido mejorados, consiguiendo mosto de más acidez y menor pH. Se ha observado una tendencia a retrasar el ciclo de maduración.

Las estrategias de fertilización orgánica mediante el aporte de compost y complementados con aplicaciones radiculares y foliares son totalmente viables, no requieren de un coste elevado y proporcionan un correcto equilibrio nutritivo productivo y cualitativo.

Se considera necesario e interesante seguir realizando este ensayo durante varias campañas, para observar si el efecto de esta estrategia consigue mantener estas tendencias que hemos observado.

Agradecimientos

Este ensayo ha formado parte de un proyecto POCTEFA denominado VITISAD, que ha consistido en la realización de prácticas o estrategias vitivinícolas de adaptación al cambio climático. El proyecto ha sido cofinanciado al 65% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del Programa Ingerreg V-A España-Francia-Andorra (POCTEFA 2014-2020)

Bibliografía

Romero, I.; Martín, I. y García-Escudero, E. 2013. Preliminary Diagnosis and Recommendation Integrated System norms for leaf nutrient diagnosis of Tempranillo grapevine (*Vitis vinifera* L.) in the Rioja appellation. Communications in Soil Science and Plant

Analysis 44:655–67.
Cibriain, F. (2019). Evaluación de estrategias de fertirrigación en condiciones de suelo calcáreo sobre las variedades tintas Syrah y Tempranillo. Inlfuencia en la producción y la calidad del vino. Reuniones del Grupo de trabajo de Experimentación en Viticultura y Enología .
Cibriain, F., Sagües , A., Embid, A., Jimeno, K., Aspurz, J., Borja, S., et al. (2019). Evaluación de estrategias de fertirrigación en condiciones de suelo cálcareo sobre las variedades tintas Syrah y Tempranillo. Influencia en la producción y la calidad del vino. Reuniones del grupo de trabajo de Experimentación en Viticultura y Enología .
OIV. (2004). Organización internacional de la viña y el vino.

OIV. 2004. Desarrollo de la Vitivinicultura sostenible. Organización internacional de la viña y el vino. París.

Tablas

Tabla 1. Estrategias de fertilización orgánica empleadas, indicando la cantidad de unidades fertilizantes aplicadas por nutriente.

ESTRATEGIA	FERTILIZACIÓN	ORIGEN PRODUCTOS	FERTIRRIGACIÓN Nº aplicaciones	FOLIAR Nº aplicaciones	UFN TOTAL /ha	UFP TOTAL /ha	UFK TOTAL /ha
1	Harina plumas (1000 kg/ha)	Animal	4	2	**79**	**34,3**	**49,3**
2	Estiércol ovino (1500kg/ha)	Vegetal	3	1	**30,1**	**30**	**30,15**

Tabla 2. Resultados agronómicos y enológicos de la uva obtenidos en la campaña 2021 en la primera estrategia

ESTRATEGIA	FECHA VENDIMIA	VARIANTE	Nº RAC	PESO CEPA (kg)	PESO RACIMO (g)	PESO 100 (g)	VIGOR (kg)
1	30/09/2021	**TRATAMIENTO**	15,80	1,93	122,56	179,17	1,03
	30/09/2021	**TESTIGO**	15,93	1,81	114,76	193,97	0,97

ESTRATEGIA	FECHA VENDIMIA	VARIEDAD	G.P.	PH	ACIDEZ TOTAL (ATT)	A.MÁLICO (g/l)	NFA (mg/l)	POTASIO (mg/l)
1	30/09/2021	TRATAMIENTO	14,09	3,51	4,57	1,7	217	1360
	30/09/2021	TESTIGO	14,39	3,54	4,23	1,5	183	1259

Tabla 3.- Resultados agronómicos y enológicos de la uva obtenidos en la campaña 2021 en la segunda estrategia

ESTRATEGIA	FECHA VENDIMIA	VARIANTE	Nº RAC	PESO CEPA (kg)	PESO RACIMO (g)	PESO 100 (g)	VIGOR (kg)
2	30/09/2021	TRATAMIENTO	16,50	3,73	226,26	209,65	0,68
	30/09/2021	TESTIGO	16,42	3,44	209,43	200,83	0,81

ESTRATEGIA	FECHA VENDIMIA	VARIEDAD	G.P.	PH	ACIDEZ TOTAL (ATT)	A. MÁLICO (g/l)	NFA (mg/l)	POTASIO (mg/l)
2	30/09/2021	TRATAMIENTO	14,02	3,35	5,07	1,4	145	1175
	30/09/2021	TESTIGO	14,46	3,46	4,27	1,1	179	1130

Zonificación agroclimática para la variedad 'Bobal' en la D.O. Utiel-Requena

J.M. Ramírez-Cuesta[1*], D.S. Intrigliolo[1], M. Tasa[2], J.G. Pérez-Pérez[2]

[1] Departamento de Ecología, Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE-CSIC-UV-GV), Moncada, Valencia 46113, España.
[2] Centro para el Desarrollo de la Agricultura Sostenible (CDAS), Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), Moncada, Valencia 46113, España

[*]*J.M. Ramírez-Cuesta: ramirezcuesta.jm@gmail.com*

Resumen

La identificación y caracterización de la variabilidad agroclimática existente dentro de una D.O. permite establecer sub-zonas con características similares para preservar la calidad y la diferenciación de los vinos y adaptar mejor las prácticas agrícolas a su interacción con las condiciones ambientales. El objetivo general de este trabajo es la recuperación y valorización de la variedad autóctona 'Bobal' a través de una zonificación de la viticultura de la D.O. Utiel-Requena (DOUR). Para ello, se realizó una caracterización agroclimática y una zonificación en 3 sub-zonas (basada en la precipitación anual, P; y temperatura media anual; Ta) con similares potencialidades y limitaciones para el desarrollo de la variedad 'Bobal' dentro de la DOUR. Se llevó a cabo una validación ecofisiológica, agronómica y enológica durante los años 2019-2021 en 3-6 viñedos de la variedad 'Bobal' de más de 40 años de edad en vaso y secano. Esta validación se centró en determinaciones del estado hídrico de la planta, desarrollo vegetativo, producción y calidad de la uva. Tras el análisis temporal de P y Ta de los últimos 15-20 años se establecieron tres sub-zonas: Roja (P < 385 mm y Ta > 13,9 ºC); Naranja (385 < P < 420 mm y 13,3 < Ta < 13,9 ºC) y Azul (P > 420 mm y Ta < 13,3 ºC). Las sub-zonas con el clima más extremos (Azul y Roja) presentaron características enológicas diferentes en términos de sólidos solubles totales, pH (Azul < Roja) y acidez (Azul > Roja). Sin embargo, ambas zonas mantuvieron una madurez fenólica similar, además de no presentar diferencias generalizadas en estado hídrico, vigor ni rendimiento. Dichos resultados ponen de manifiesto una fuerte influencia de la climatología en la calidad de la uva. El presente trabajo ha permitido establecer sub-zonas climáticas singulares con potencialidad para producir vinos de calidad diferenciada dentro de la DOUR.

Palabras clave: temperatura, precipitación, calidad diferenciada, terroir.

INTRODUCCIÓN

El sector vitivinícola español se caracteriza por tener un modelo productivo y comercial muy heterogéneo, coexistendo explotaciones y bodegas de diferentes tamaños, naturaleza jurídica y orientación empresarial. Esto, unido al aumento de la temperatura y frecuencia de episodios de sequía como consecuencia del cambio climático, son los principales retos a los que se enfrenta la viticultura global. En este sentido, la identificación y caracterización de la variabilidad edafoclimática existente dentro de una Denominación de Origen (D.O.) permitirá poder establecer sub-zonas con características similares para conseguir preservar la calidad y la diferenciación de los vinos y adaptar mejor las prácticas agrícolas a su interacción con las condiciones ambientales y a los efectos del cambio climático. Por ello, el objetivo general de este trabajo es la valorización de la variedad autóctona 'Bobal' llevando a cabo una zonificación en la

D.O. Utiel-Requena, caracterizando su comportamiento en las diferentes sub-zonas agroclimáticas identificadas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Zona de estudio

La zona objeto de estudio corresponde con el área abarcada por la D.O. Utiel-Requena. Dicha D.O. cuenta con más de 32.000 hectáreas inscritas pertenecientes a los términos municipales de Camporrobles, Caudete de las Fuentes, Fuenterrobles, Requena, Siete Aguas, Sinarcas, Utiel, Venta del Moro y Villagordo del Cabriel, contando con casi 5.000 viticultores inscritos. En toda esta superficie, 'Bobal' es la variedad más cultivada dentro de la D.O. Utiel-Requena, ocupando el 75% de la superficie total del viñedo. Respecto a las variables climáticas, en el promedio del período 2000-2017, la temperatura media anual (Ta) osciló entre 10,4 y 15,7ºC, mientras que la precipitación anual (P) varió en la D.O. desde valores de menos de 390 mm a valores de más de 510 mm (Figura 1). El análisis de texturas de los suelos cultivados de viñedo 'Bobal' de la D.O. Utiel-Requena mostró una tipología bastante homogénea. Así, la textura de suelo más común es franco-arcillo-arenosa, pudiendo encontrar también suelos franco-limosos, con alguna zona de textura más franca.

Caracterización y validación ecofisiológica de la zonificación

A partir del análisis temporal de P y Ta del período 2000-2017, se realizó una caracterización agroclimática y la posterior zonificación en 3 sub-zonas con similares potencialidades y limitaciones para el desarrollo de la variedad 'Bobal' dentro de la D.O. Utiel-Requena (Figura 1). Específicamente, se establecieron tres zonas en función de los siguientes umbrales: Zona Roja (P < 385 mm y Ta > 13,9 ºC); Zona Naranja (385 < P < 420 mm y 13,3 < Ta < 13,9) y Zona Azul (P > 420 mm y Ta < 13,3 ºC). El factor suelo no fue considerado en este estudio debido a la dificultad de caracterizar a nivel espacial la zona de estudio al no encontrarse pautas espaciales muy definidas (Haba et al., 1997). Posteriormente, en los años 2019-2021, se llevó a cabo una caracterización ecofisiológica y enológica en 3-6 parcelas de viñedo de la variedad 'Bobal' de un tamaño aproximado de 10 ha (típico de la zona), de más de 40 años de edad, formación en vaso y en cultivo de secano, lo que permitirá determinar qué zonas son las más adecuadas y con mejores aptitudes enológicas en función de las condiciones climáticas. Esta caracterización se centró en determinaciones del estado hídrico de la planta (potencial hídrico de tallo; Ψ_s); desarrollo vegetativo (índice de vegetación de diferencia normalizad, NDVI, obtenido mediante dron); producción (producción total, número de racimos por cepa, peso de racimo y peso de baya); calidad de la uva (pH, ºBRIX, acidez total y contenido de antocianos y polifenoles).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto al estado hídrico de la planta obtenido en cada una de las zonas analizadas, las medidas de Ψ_s (realizadas tanto en pre-envero como en post-envero) no revelaron diferencias significativas entre las distintas zonas. Específicamente, en pre-envero, los valores de Ψ_s oscilaron entre -0,6 y -0,9 MPa en todas las zonas identificadas, mientras que Ψ_s alcanzó valores en torno a -1,0 MPa en las medidas realizadas en post-envero (Tabla 1). Con respecto al vigor del viñedo, el análisis del NDVI obtenido en los 3 años (ejemplo 2021 en Figura 1), no reflejó diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes zonas, con valores medios que oscilaron entre 0,4 y 0,6 para los tres años analizados.

En los años 2020 y 2021, el rendimiento, número de racimos por cepa, peso de racimo y

peso de baya no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes zonas (Tabla 2). Sin embargo, en el año 2019 estos parámetros fueron significativamente superiores en la zona azul que en las zonas naranja y roja (Tabla 2). En cuanto a calidad de la uva, la zona azul presentó, a excepción del año 2020, un menor pH y una mayor acidez total que la zona roja (Tabla 3). Además, la tendencia general muestra que las parcelas de la zona azul obtuvieron un menor ºBRIX que las parcelas de las zonas naranja y roja, presentando unos valores similares de antocianos y polifenoles (Tabla 3).

En base a estos resultados, la caracterización ecofisiológica y enológica ha permitido identificar diferencias entre sub-zonas, centradas principalmente en la calidad de la uva. Así, los viñedos de la zona azul (con un clima menos árido) han presentado un retraso de la madurez tecnológica, generando vinos más ácidos y con menor grado alcohólico, pero con similar calidad fenólica, consiguiendo al final vinos con características diferentes al resto de zonas.

AGRADECIMIENTOS

La investigación se enmarca dentro de los proyectos ZonaBobal (2019-VALORIZA-VSC-014), ZonaBobal 2.0 (2020-VALORIZA-VSC-016) y AgroBobal (2021-VALORIZA-VSC-026), financiados mediante las ayudas para la Valorización de productos de calidad agroalimentaria diferenciada de la Comunitat Valenciana y el contrato VALORABOBAL financiado por la D.O. Utiel-Requena.

REFERENCIAS

Haba M., Mulet A., Berna A. 1997. Stability in wine differentiation of two close viticultural zones. Am. J. Enol. Vitic., vol. 48, nº 3, 285-289.

Tablas

Tabla 3. Valores medios de potencial hídrico de tallo (Ys) en pre-envero y post-envero para cada año y zona identificada. Letras diferentes muestran, para cada año, diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes zonas ($p \leq 0,05$).

		Ψ_s (MPa)	
Año	Zona	Pre-envero	Post-envero
2019	Azul	-0,69a	-0,81a
	Naranja	-0,88a	-1,16a
	Rojo	-0,66a	-1,00a
2020	Azul	-0,78a	-1,10a
	Naranja	-0,82a	-1,12a
	Rojo	-0,77a	-1,21a
2021	Azul	(-)	-0,96a
	Naranja	(-)	-0,94a
	Rojo	(-)	-0,92a

Tabla 2. Valores medios de rendimiento, número de racimos y peso de racimo y baya para cada año y zona identificada. Letras diferentes en cada columna y para cada año muestran diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes zonas ($p \leq 0,05$).

Año	Zona	Rendimiento (kg cepa^{-1})	Nº Racimos cepa^{-1}	Peso racimo (g)	Peso baya (g)
2019	Azul	4,96a	9,7a	505a	2,72a
	Naranja	2,64b	7,4b	349b	2,14b
	Rojo	3,60b	7,8b	463ab	2,28ab
2020	Azul	4,10a	11,4a	348a	2,73a
	Naranja	4,83a	10,4a	495a	2,60a
	Rojo	5,11a	11,0a	469a	2,94a
2021	Azul	4,30a	11,7a	332a	2,29a
	Naranja	3,30a	9,3a	334a	2,30a
	Rojo	2,30a	7,1a	330a	2,05a

Tabla 4. Valores medios de pH, ºBRIX, acidez total, y contenido de antocianos y polifenoles para cada año y zona identificada. Letras diferentes en cada columna y para cada año muestran diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes zonas ($p \leq 0,05$).

Año	Zona	pH	ºBRIX	Acidez total (g L^{-1})	Antocianos (mg g^{-1})	Polifenoles (mg g^{-1})
2019	Azul	3,4a	19,2b	7,2a	1,41a	5,44a
	Naranja	3,6a	22,1a	6,6a	1,71a	5,72a
	Rojo	3,7a	21,6a	6,8a	1,45a	5,49a
2020	Azul	3,3b	22,0a	7,1a	1,30a	3,15a
	Naranja	3,4b	23,1a	6,6a	1,28a	3,10a
	Rojo	3,5a	24,2a	6,4a	1,27a	3,09a
2021	Azul	3,4b	19,9abc	6,1a	1,52a	3,14a
	Naranja	3,5ab	21,2ab	5,6ab	1,98a	3,63a
	Rojo	3,5a	21,8a	5,1b	1,76a	3,46a

Figuras

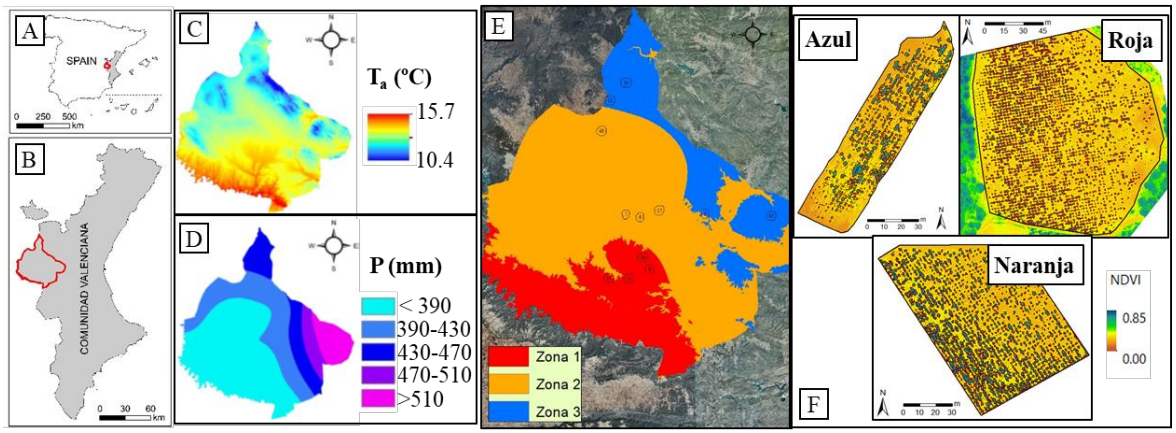


Figura 1. (A-B) Localización de la Denominación de Origen Utiel Requena; (C) Temperatura media (Ta) y (D) precipitación anual (P) para el período 2000-2017; (E) zonificación resultante y (F) mapa de NDVI obtenido para una parcela ejemplo de cada una de las zonas evaluadas.

Proyecto NOVATERRA: reduciendo el uso e impacto de los productos fitosanitarios en el viñedo mediterráneo

De Herralde, F[1*]

[1]IRTA (Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias), Torre Marimón. Caldes de Montbui (Barcelona)
**Coordinadora del proyecto: felicidad.deherralde@irta.cat*

Resumen

El proyecto NOVATERRA tiene como objetivo aportar estrategias sostenibles e integradas con el fin de eliminar o reducir significativamente el uso de pesticidas y su impacto en el medioambiente, para las plagas más habituales del olivar y viñedo. Durante los dos primeros años del proyecto, se han llevado a cabo ensayos de campo para contrastar y validar estas estrategias que se construyen sobre tres ejes: a) la validación de productos alternativos a los fitosanitarios más controvertidos, b) la aplicación de herramientas de agricultura inteligente para un uso más preciso de los productos y c) el manejo del suelo y la biodiversidad funcional para una mejor gestión integrada de plagas más eficiente. Todo ello, en una fase más avanzada del proyecto, debe traducirse en itinerarios de gestión integrada de plagas (GIP) más eficaces y sostenibles, que avancen en los objetivos de la Unión Europea que se dirigen a una agricultura sin pesticidas. En viñedo, las principales enfermedades y plagas en el estudio son de mildiu (*Plasmopara vitícola*), oídio (*Erysipe necator*), botritis (*Botrytis cinerea*) y polilla del racimo (*Lobesia botrana*/*Eupoecilia ambiguella*). Los diferentes ensayos se llevan a cabo en España, Francia, Italia y Portugal, en zonas con diferente presión de enfermedad, con diferentes características edafoclimáticas y diversidad de manejos agronómicos. Además, se incluyen análisis de impacto ambiental, de costes y la opinión del consumidor. El consorcio está formado por centros de investigación, universidades, empresas productoras vitivinícolas, productores de fitosanitarios, de tecnologías, asociaciones y clústeres, que colaboran para incorporar estas innovaciones en el sector productivo.

Palabras clave: manejo integrado de plagas, viñedo, fitosanitarios.

INTRODUCCIÓN

La evaluación de los impactos negativos de los productos fitosanitarios no es nueva y ha sido una preocupación importante para los responsables políticos de la UE. Las políticas de la UE tratan de reducir la dependencia de los productos fitosanitarios mediante el diseño y la aplicación de enfoques mejor integrados, salvaguardando al mismo tiempo la competitividad y el rendimiento de los cultivos. Reducir el uso de productos fitosanitarios sin incurrir en una reducción del rendimiento no ha sido posible a gran escala. Según las estadísticas, en el mundo el consumo de pesticidas ha incrementado en un 50% desde los años 1990, aunque este incremento en Europa sólo ha sido de un 3% (FAO, 2022) y en Europa, a pesar de la directiva sobre el uso sostenible de pesticidas (Directive 2009/128/EC) desde 2011 su uso no ha disminuido, sino que ha incluso incrementado en algunos países (Helepciuc y Todor, 2021). A título de ejemplo, citando a Alonso Gonzalez et al. (2021), en España, en 2013, el viñedo representaba el 7% de la superficie cultivada y usaba el 38% de los pesticidas, y en Francia el

3% de la superficie respecto al 20% de los pesticidas. La ambición de NOVATERRA reside en ofrecer una combinación de diferentes técnicas novedosas, provenientes de diferentes enfoques que permitirán una disminución significativa de los impactos negativos causados por los productos fitosanitarios mientras se mantienen los niveles de rendimiento. Con el fin de garantizar resultados relevantes, NOVATERRA se centra en probar nuevas alternativas en viñedos. Esto permitirá tener un gran impacto para España, Portugal, Francia, Italia y Grecia, que producen aproximadamente el 99% del total de uvas en toda la zona de la UE-28. NOVATERRA permitirá aumentar el nivel tecnológico, educativo y de implementación de los productores en términos de gestión integrada de plagas (GIP) y uso sostenible de los productos fitosanitarios. Este proyecto puede ser utilizado como base para futuros proyectos de I+ I para ofrecer herramientas y estrategias similares para otros cultivos y áreas, apuntando así a un impacto global a largo plazo. Algunos de los impactos esperados incluyen: a) Mejorar la concienciación de los agricultores, los consumidores y los ciudadanos sobre la confianza en los enfoques sanitarios mundiales a través de evaluaciones claras, transparentes e integradas, estrategias de prevención y control de plagas/enfermedades/malas hierbas para la producción agrícola de la UE; b) Introducir enfoques, herramientas, estrategias y/o productos alternativos para la prevención y control de plagas/enfermedades/malas hierbas relacionadas con la producción agrícola; c) Evaluar los riesgos y beneficios potenciales de las alternativas elegidas de forma coherente y coherente en vista de la seguridad y la sostenibilidad; d) Mejorar las prácticas agronómicas, ecológicas y culturales actuales para aumentar la resiliencia de la producción agrícola y/o la cadena agroalimentaria frente a los estreses bióticos; e) Evaluar el impacto económico, social y ambiental de las propuestas alternativas para agricultores y/o consumidores.

Una vez que se implementen las nuevas estrategias resultantes, el consorcio espera crear impactos sociales adicionales a través de la participación pública y la educación sobre las nuevas estrategias integradas de NOVATERRA para reducir los productos fitosanitarios contenciosos.

NOVATERRA está desarrollando un conjunto de estrategias novedosas, integradas y técnica y económicamente sostenibles a través de diferentes sistemas de cultivo, resultantes de tres enfoques diferentes: productos alternativos, agricultura inteligente y gestión del suelo. Las soluciones propuestas estarán alineadas con las necesidades actuales del mercado, la sensibilidad del consumidor, la legislación europea actual y futura, así como con la diversa capacidad de inversión de los agricultores y productores en diferentes regiones mediterráneas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante los primeros 18 meses del proyecto NOVATERRA se han empezado a desarrollar 36 ensayos de campo en cinco países (Grecia, Italia, Francia, España y Portugal), probando productos alternativos: biosoluciones, bioestimulantes, inductores de resistencia, productos a base de nanopartículas, agentes de biocontrol, confusión sexual, atrapamiento masivo y agua ozonizada. Después de cerrar la temporada 2021, los resultados fueron muy prometedores en algunos de los ensayos y los protocolos se ajustaron para continuar con un segundo año para validar los resultados. Algunas diferencias aparecieron no solo debido a la eficacia de los productos, sino también debido a la ubicación y las condiciones climáticas en relación con la presión de plagas / enfermedades. A título de ejemplo, se están ensayando productos con nanopartículas de azufre (S) para combatir el oídio. En 2021, se llevaron a cabo ensayos en Gratallops (Tarragona, D.O.Q. Priorat), comparando Nanocrop S y Elicitech S, un

producto de referencia de azufre micronizado (80% p/p) en su dosis habitual y en la dosis equivalente de S de los productos con nanopartículas Nanocrop S REF y Elicitech S REF, y un control sin tratamiento. En la Figura 1 se muestran los resultados de la evaluación en incidencia y severidad de los síntomas de oídio en racimo. En la localización estudiada, hubo una alta incidencia de la enfermedad (control 70%). El tratamiento con ELICITECH S mostró una eficacia aceptable, igual a la del producto de referencia tanto en su dosis habitual (REF) como en la dosis reducida en azufre (ELICITECH S REF).

En cuanto a las tecnologías de cultivo inteligente, NOVATERRA ha desarrollado varias innovaciones que se están probando inmediatamente en el campo: a) un algoritmo de detección basado en el monitoreo espectral y el reconocimiento de patrones para el; b) una plataforma holística para la detección precoz y predicción de plagas y enfermedades y el manejo de la protección de cultivos para viñedos. En los próximos meses, una metodología holística para una caracterización inteligente del dosel y un sistema basado en el aprendizaje automático para optimizar la pulverización de cultivos estarán listos para integrarse en una plataforma inteligente para un proceso holístico de aplicación de pulverización.

El tercer pilar para reducir el impacto y el uso de los productos fitosanitarios se basa en estrategias de gestión del suelo. Durante este primer período, se ha publicado un "Informe sobre la elaboración de estrategias innovadoras de gestión del suelo para la reducción de insumos químicos". Durante el primer periodo, se han iniciado 8 ensayos en viñedos (Italia, España y Portugal) para estudiar la combinación de cultivos de cobertura y control biológico, con el fin de optimizar la fertilización para reducir el impacto de la cubierta vegetal en el rendimiento del cultivo, en el manejo de la madera de poda para aumentar la biodiversidad y mejorar el control de enfermedades en los viñedos, y el uso de cultivos de cobertura y márgenes florales para mejorar el rendimiento biológico en ambos cultivos. Se ha diseñado el prototipo de un robot de siega modular rentable y se han validado sus especificaciones (Figura 2). Después de cerrar la temporada 2021, los resultados fueron muy prometedores en algunos de los ensayos y los protocolos se ajustaron para continuar con un segundo año para validar los resultados. Algunas diferencias que parecen deberse a la ubicación y las condiciones climáticas en relación con la presión de plagas / enfermedades.

NOVATERRA ha creado y sigue trabajando en la creación de una amplia red de partes interesadas que van desde administraciones y políticos hasta agricultores y usuarios finales. Las comunicaciones también están dirigidas a la población en general que tiene interés en productos saludables y sistemas agrícolas sostenibles y respetuosos con el medio ambiente.

En el próximo período, NOVATERRA comenzará con la integración de los resultados de los tres pilares en las herramientas que ayudarán a los agricultores a reducir el uso y el impacto de las APP. Algunas innovaciones están en su buen camino para estar en el mercado al final del proyecto o poco después. Se determinará la aceptación y disposición de los productores para adoptar estas innovaciones, y el impacto económico y ambiental de las mismas. Los sistemas de apoyo a la toma de decisiones y las plataformas operativas se validarán finalmente en el campo y podrían estar disponibles para el mercado al final del proyecto. Las estrategias mejoradas de MIP para viñedos y olivares se van a probar en España, Francia y Portugal, y esas estrategias se publicarán al final del proyecto.

Se trata de un trabajo de esfuerzo cooperativo con socios de 6 países y 23 instituciones,

cuyos detalles pueden ser seguidos a través de su página web https://www.novaterraproject.eu/

AGRADECIMIENTOS

El proyecto NOVATERRA ha recibido financiación de la Comisión Europea a través del H2020 GA num. 101000554.

REFERENCIAS

Alonso González, P., Parga-Dans, E. and Pérez Luzardo, O. 2021. Big sales, no carrots: Assessment of pesticide policy in Spain. Crop Protection, 141: 105428 https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105428.

FAO. 2022. Pesticides use, pesticides trade and pesticides indicators – Global, regional and country trends, 1990–2020. FAOSTAT Analytical Briefs, no. 46. Rome. https://doi.org/10.4060/cc0918en

Helepciuc, F.E. and Todor, A. 2021. Evaluating the effectiveness of the EU's approach to the sustainable use of pesticides. PLoS ONE 16(9): e0256719. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256719

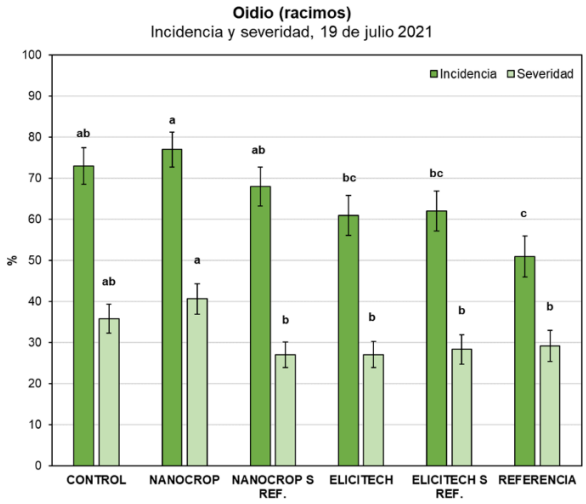


Figura 1. Incidencia y severidad de oídio en racimos en los diferentes tratamientos aplicados en un viñedo en Grapatllops (Tarragona) en 2021. (Autor VITEC).



Figura 2. Prototipo del Modular-E gestionando la cubierta en viñedo en terrazas (foto: INESC TEC)

Emisiones de CO_2 en suelos de viñedo con diferentes acolchados orgánicos.

Estíbaliz Rodrigo[1*], Rebeca Murillo[1], Alicia Pou[1], José María Martínez Vidaurre[1]

[1] Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino - ICVV (Gobierno de La Rioja, Universidad de La Rioja, CSIC). Ctra. de Burgos, Km. 6. 26007 Logroño (La Rioja).

erodrigog@larioja.org

Resumen

El "mulching" o acolchado es una técnica agrícola que actúa de cobertura en los suelos mediante el uso de materiales orgánicos. El objetivo del proyecto es la evaluación de los efectos que tienen diferentes cubiertas sobre la producción de dióxido de carbono (CO_2) con relación a las variables climáticas. Para ello, se han empleado tres acolchados orgánicos dispuestos sobre la hilera del cultivo. Estos tratamientos han sido: paja de gramínea (P), restos triturados de madera de poda del viñedo (GPD) y sustrato post-cultivo de champiñón compostado (SPCH), que se han contrastado con un manejo tradicional mediante aplicación de herbicida (H) y el paso de arado intercepas (I). Respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), se han medido los niveles de CO_2 durante el año 2020 para la cuantificación de la respiración global del suelo, empleando un equipo portátil, que ha permitido estimar la producción de CO_2 resultado de la actividad biológica del suelo y de la respiración del sistema radicular del viñedo. Estos parámetros se han relacionado con las variaciones térmicas, tanto del interior del mulching como de los primeros cm de suelo. Este estudio ha mostrado que, los acolchados de GPD y SPCH emiten más cantidad de CO_2 al año que el mulching de paja. Además, los niveles de CO_2 sobre este último acolchado son inferiores a las emisiones procedentes de los tratamientos control.

Palabras clave: mulching, dióxido de carbono, viñedo, infrarrojo, cámara cerrada.

INTRODUCCIÓN

El "mulching" o acolchado es una técnica agrícola que consiste en la colocación de un material orgánico formando una cobertura sobre los suelos y proporcionando numerosas ventajas relacionadas con la biodiversidad y la adaptación del cultivo a los diferentes escenarios de cambio climático. Actualmente, las emisiones de CO_2 en los sistemas agrícolas se ven muy afectadas por la gestión de las prácticas aplicadas en las explotaciones agrícolas, como el uso de fertilizantes, el riego, el laboreo del suelo, etc. (Mancinelli et al., 2015). Para conseguir una reducción de estas emisiones, es necesario utilizar prácticas agronómicas que favorezcan la fijación de C al suelo y que optimicen el uso del agua y de los nutrientes. La respiración del suelo puede verse afectada por estas prácticas, así como con las variaciones estacionales de la temperatura del suelo, que se convierten en un factor para la determinación de los flujos de CO_2 (Ussiri y Lal, 2009). El presente estudio consiste en la aplicación de diferentes acolchados orgánicos sobre la hilera del cultivo con el objetivo de evaluar qué efectos tienen sobre la producción de dióxido de carbono (CO_2).

MATERIAL Y MÉTODOS

Descripción de la parcela vitícola

El estudio desarrollado durante el año 2020 se llevó a cabo en la bodega Campo Viejo (Pernoud Ricard) en el término municipal de Logroño (España), localizada en la subzona Rioja Alta en la DOCa Rioja. El material vegetal empleado es *Vitis vinífera* L. cv. Tempranillo sobre portainjerto Richter-110 (R-110) y en sistema de conducción en cordón Royat bilateral. El marco de plantación es de 3 x 1,22 m y las filas están dispuestas en orientación este-oeste.

Diseño experimental

El diseño experimental está formado por dos controles y tres tratamientos, dispuestos en 3 bloques al azar en subparcelas de 40 cepas. Se han empleado tres tipos de acolchado: paja de gramínea (P; %H: 13,7; %M.O: 94,3; %N: 0,77±0,110; C/N: 71,3), restos triturados de madera de poda del viñedo (GPD; %H: 25,4; %M.O: 96,3; %N: 0,880 ± 0.130; C/N: 63,6) y sustrato post-cultivo de champiñón compostado (SPCH; %H: 52; %M.O: 51,9; %N: 2,38 ± 0,20; C/N: 12,6), colocados en la hilera del cultivo con una anchura de 80 cm. Respecto a los controles, se han seleccionado técnicas de gestión tradicionales empleadas en las filas del viñedo: aplicación de herbicida (H) y pase de apero inter-cepas (I).

Para la cuantificación de las emisiones de CO_2 procedentes de la respiración del sistema radicular del viñedo y de la actividad biológica del suelo, se ha empleado un equipo portátil (EGM-4, PPSystems, USA) formado por una cámara conectada a un analizador de gases por infrarrojo, con unas dimensiones de 150 mm (H) × 100 mm (Ø) y capaz de medir en una superficie de 78 cm^2. El procedimiento incluye un tipo de medida en I y H y dos tipos en las hileras con cubierta vegetal inerte: una colocando la cámara cerrada del equipo apoyada sobre el mulching, y la otra insertado en 2 cm del suelo una vez retirada la cubierta, de tal forma que se relacionen ambas mediciones, para establecer los posibles efectos del acolchado sobre las características, comportamiento y emisiones del suelo más superficial cubierto por cada tipo de material de origen vegetal (P y GPD) y vegetal-animal (SPCH).

Las mediciones se han llevado a cabo entre las 9:00-11:00 a.m., registrándose datos en un periodo fijo de 150 segundos para cada tratamiento y control, lo que ha permitido calcular la velocidad de liberación de CO_2 para cada una de las situaciones. Asimismo, se registra la temperatura en el momento de la medición, empleando un termómetro digital, tanto en el interior del acolchado como en los primeros 5 cm del suelo con el fin de comparar el efecto que tienen los diferentes mulching sobre el microclima del suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Fig. 1 se representan las temperaturas del suelo y de los diferentes acolchados, ya que es uno de los factores que influye en el volumen de emisiones de CO_2. Tal y como señala Mairata et al. (2022), los diferentes acolchados modifican la temperatura del suelo en comparación con los suelos desnudos, reduciéndola en verano y aumentándola en los meses más fríos. En concreto, el acolchado formado por P, es el que más ha amortiguado las variaciones de las temperaturas. Este efecto se puede apreciar en el mes de agosto, donde la variación de

temperatura del suelo de los diferentes tratamientos con respecto a los controles es de -3.03ºC (P), -1.5ºC (GPD) y -1.8ºC (SPCH). Asimismo, noviembre es el mes más frío y en el que existe una diferencia de +5.03ºC (P), +4.10ºC (GPD) y +3.73ºC (SPCH), con respecto a H.

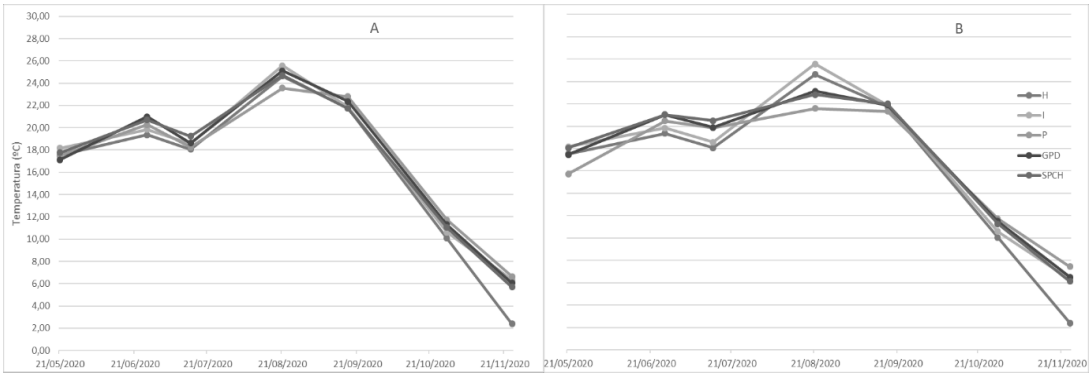


Fig. 3. Temperatura (ºC) medida sobre el acolchado (A) y a una profundidad media de 5 cm (B) en los diferentes tratamientos, siendo H=Herbicida; I=Interceptas; P=Paja; GPD=Restos de poda y SPCH=Sustrato Post-cultivo de Champiñón.

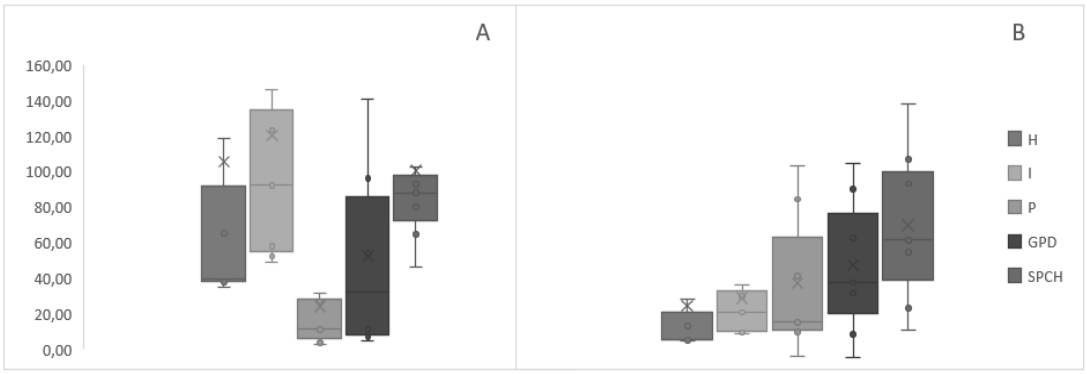


Fig. 4. Variación de las emisiones de CO_2 desde floración hasta maduración en los diferentes tratamientos siendo H=Herbicida; I=Interceptas; P=Paja; GPD=Restos de poda y SPCH=Sustrato Post-cultivo de Champiñón. La gráfica A corresponde a las mediciones sobre el mulching y B a las mediciones sobre el suelo.

En la Fig. 2, se observa que el principal efecto que produce la incorporación de acolchados sobre el suelo es la reducción de las emisiones de CO_2, excepto con la adición de SPCH (Pou et al, 2021). Esto puede ser debido a que los acolchados se comportan como una barrera frenando la liberación de este gas, haciendo que se libere de forma más lenta. Al retirar la cubierta inerte, se aprecia cómo la cantidad de CO_2 detectada aumenta considerablemente siendo incluso superior a la registrada en los controles. Este incremento puede explicarse por una descomposición progresiva de los diferentes materiales de los mulching que, junto con el aumento de la humedad y la temperatura en su interior, favorecen la actividad microbiana (Nishigaki et al., 2021; Sugihara et al., 2015) en los primeros cm del suelo, mejorando a su vez la estructura del suelo. Los valores de CO_2 para la medida del suelo han sido de 118.62 g m^{-2} (GPD), 185.09 g m^{-2} (SPCH) y 105.18 g m^{-2} (P) y los registrados sobre el acolchado de 28.98 g m-2 (GPD), 74.94 g m^{-2} (SPCH) y 17.64 g m^{-2} (P), observándose que el acolchado de paja es el que registra una mayor diferencia entre la

cantidad de emisiones en las medidas realizadas sobre el mulching, con respecto a las registradas en el suelo al retirar la cubierta inerte. El mulching de P es el que acumula mayor cantidad de humedad (Čížková et al., 2021) y el que presenta una menor oscilación térmica entre los periodos cálido y frío (Mairata et al., 2022), lo que queda corroborado por Yu et al. (2021), quienes verifican que el acolchado de paja podría ayudar a mitigar las emisiones de GEI. Al tratarse de resultados de sólo un año, se comprobará si dicha teoría se repite en años posteriores. Por otro lado, también se observa que la diferencia de temperatura entre tratamientos está relacionada con la cantidad de emisiones de este gas en cada uno de ellos.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio está siendo financiado por el Proyecto RTI2018-095748-R-I00 (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades) junto con el apoyo de Fondos FEDER.

REFERENCIAS

Čížková, A., Burg, P., Zatloukal, P., & Vaidová, M. (2021). Organic mulch materials improve soil moisture in vineyard. *Soil Science Annual*, *72*(2), 1-6.

Mancinelli, R., Marinari, S., Brunetti, P., Radicetti, E., & Campiglia, E. (2015). Organic mulching, irrigation and fertilization affect soil CO_2 emission and C storage in tomato crop in the Mediterranean environment. *Soil and Tillage Research*, *152*, 39-51.

Nishigaki, T., Sugihara, S., Kilasara, M., & Funakawa, S. (2021). Carbon dioxide flux and soil carbon stock as affected by crop residue management and soil texture in semi-arid maize croplands in Tanzania. *Soil Use and Management*, *37*(1), 83-94.

Mairata Pons, Andreu & Huete, Joaquín & Labarga Varona, David & Puelles, Miguel & Escudero, Enrique & Pou, Alícia. (2022). Efectos del uso de diferentes acolchados orgánicos en vid.

Pou, A., Mairata, A., Estibaliz, R., Labarga, D., García Escudero, E., Huete, J., MartínezVidaurre, J.M., 2021. Effects of organic mulches on the soil temperature, humidityand CO2 emissions. Int. J. Environ. Sci. Nat. Resour. 29.

Sugihara, S., Funakawa, S., Kadono, A., Takata, Y., Sawada, K., Fujii, K., & Kosaki, T. (2015). In situ short-term dynamics of CO_2 flux and microbial biomass after simulated rainfall in dry croplands in four tropical and continental ecosystems. *Soil Science and Plant Nutrition*, *61*(3), 392-403.

Ussiri, D. A. N., y Lal, R. (2009). Long-term tillage effects on soil carbon storage and carbon dioxide emissions in continuous corn cropping system from an alfisol in Ohio. *Soil and Tillage Research*, *104*(1), 39-47.

Yu, H., Zhang, Z., Zhang, Y., Song, Q., Fan, P., Xi, B., & Tan, W. (2021). Effects of microplastics on soil organic carbon and greenhouse gas emissions in the context of straw incorporation: A comparison with different types of soil. *Environmental Pollution*, *288*(January), 117733.

Efecto de diferentes estrategias de riego deficitario en cv. Verdejo, como medidas de adaptación al cambio climático: respuesta morfológica, fisiológica y cualitativa del cultivo

Sonia Villanueva*[1], Pilar Baeza[2], Rosa Pedrosa[2], Carlos Moro[1], José Ramón Lisarrague[2], Alberto Guadarrama[1], Julio Andrés Pinto Solano[1], Raquel González-Herranz[1].

Afiliación institucional

1Departamento de I+D. Bodega Matarromera S.L. Valladolid.

2 Departamento de I+D. UPM. Madrid. España.

*Autora: svillanueva@matarromera.es.

Resumen

El cambio climático que se están produciendo a nivel global afecta a las condiciones de cultivo en las diferentes regiones vitícolas, por lo que se deben plantear estrategias de adaptación ante este nuevo escenario. Estas estrategias de cultivo del viñedo frente al cambio climático deben ir dirigidas a atenuar los efectos de la radiación y de las altas temperaturas, así como a reducir el déficit hídrico y las consecuencias negativas del mismo. Por ello, es interesante estudiar el efecto del riego como herramienta de modulación del metabolismo de la vid. El presente estudio investiga los efectos del déficit hídrico en los mecanismos del crecimiento y desarrollo de la variedad de uva Verdejo.

La parcela de estudio fue sometida a dos tratamientos de riego deficitario, en los que se determinaron medidas del desarrollo vegetativo, rendimiento y calidad de la baya, además de evaluar el estado fisiológico e hídrico de las plantas.

Las estrategias de riego deficitario estudiadas no determinaron un descenso en los parámetros de calidad de la baya. Los datos experimentales indican que la variedad Verdejo tiene una buena adaptación a las condiciones de secano y es fisiológicamente muy eficiente, mostrando unos niveles de fotosíntesis y transpiración relativamente altos en las situaciones de mayor déficit hídrico. Podemos concluir que, bajo las condiciones del estudio, con la aplicación de un riego racional que module los efectos de las condiciones de cambio climático podemos conseguir una mayor eficiencia fisiológica, un equilibrio entre el rendimiento y desarrollo vegetativo y una mayor productividad en esta variedad de vid, todo ello manteniendo los equilibrios necesarios en la composición de la uva para la obtención de vinos de la más alta calidad.

Palabras clave: cv. Verdejo, riego, fisiología, adaptación, sequía.

INTRODUCCIÓN

Según el panel intergubernamental para el cambio climático (IPCC), el calentamiento global provocará al final de este siglo en la Europa Occidental y Central un aumento de la temperatura del aire entre 1,5 y 2 grados por encima del promedio mundial preindustrial, además será golpeada por la sequía, el calor urbano y el declive agrícola, marcando una era sin precedentes.

Son numerosos los estudios sobre los efectos de las principales variables a las que afecta el cambio climático: temperatura y déficit hídrico. Según Centeno *et al*. (2010), las consecuencias de estos cambios sobre las plantas pueden ser, a priori, un crecimiento vegetativo primaveral excesivo; acortamiento y aceleración del crecimiento de la baya; desfase entre la madurez industrial, aromática y fenólica; desfase entre maduración de la pulpa y la del hollejo;

disminución de la acidez con mayor contenido en azúcares; mayor contenido en potasio y, por tanto, mayor pH; aumento del riesgo de pérdida de aromas, oxidaciones, pasificaciones, etc. Estas mismas conclusiones han sido determinadas por diversos autores (Salazar-Parra *et al*., 2010; Neumann y Matzarakis, 2011; Lorenzo *et al*., 2013)

El objetivo principal de este trabajo es estudiar el efecto del riego como herramienta de manipulación del metabolismo de la vid en campo. Los objetivos específicos se centran en el estudio del crecimiento y composición de la uva, así como los efectos del riego en la variedad Verdejo, principalmente:

- Estudio de la adaptación varietal a condiciones meteorológicas cálidas y frías.
- Estudio de la influencia de los excesos térmicos de la uva de Verdejo en la evolución de sus componentes.
- Estudio de los efectos del déficit hídrico en los mecanismos del crecimiento, composición y nutrición de la uva (piel, pulpa, pepita).

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente ensayo se ha llevado a cabo entre 2010 (año 1) y 2011 (año 2) en una parcela experimental de viñedo localizada en Villalba de Adaja (Valladolid) de cv. Verdejo/110R plantado en 2006 con un marco de plantación de 2m x 1m (5000 cepas/ha) y ubicado en la DO Rueda. Dicha parcela tiene una conducción VSP, un sistema de poda cordón Royal bilateral con orientación N-S + 45º, manejo del suelo mediante laboreo y sistema de riego por goteo.

El diseño experimental fue en bloques al azar con 3 bloques por tratamiento, con una parcela elemental de 10-20 cepas control por repetición, repartidas en dos filas y con una fila borde a cada lado.

Se aplicaron tratamientos diferenciados de Riego (R) y Secano (S): Año 1: Tratamiento R (Regadío, 30% ET0 hasta el 2 de agosto y 50% ET_0 a partir de entonces) y tratamiento S (Secano, 20% ET0 hasta el 2 de agosto y 0% ET0 a partir de entonces). Año 2: Tratamiento R (Regadío, 50% ET0) y Tratamiento S (Secano, 0% ET_0).

Para estudiar el efecto del riego se desarrolló un ensayo experimental: dos zonas (con riego y sin riego) con tres repeticiones en cada zona. El control de riego se realizó semanalmente, evaluando la evapotranspiración, precipitación efectiva y coeficiente de cultivo (K_c).

Para el seguimiento fenológico se utilizó la escala de estados fenológicos de Eichhorn y Lorenz modificada por Coombe (1995), centrándonos especialmente en los estados de brotación, floración, cuajado, envero y vendimia. El crecimiento vegetativo se evaluó midiendo la longitud de los pámpanos. Se han hecho medidas de fisiología y estado hídrico, utilizando un porómetro y una cámara de presión tipo Scholander. Como indicativo de la arquitectura de la planta, se ha calculado el LAI (Índice de área foliar, superficie foliar total) y la SA (superficie foliar externa).

Sobre las cepas control de cada repetición se ha contado en vendimia el número sarmientos, número de racimos y peso de los mismos para evaluar el rendimiento (peso de vendimia), y se ha contado y pesado los sarmientos podados (peso madera de poda). Se recogieron bayas semanalmente desde los 3 mm de diámetro de la baya hasta vendimia para estudiar su peso y composición.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos climáticos de los años 1 y 2 fueron irregulares. Se observa una menor radiación global, menor evapotranspiración y mayores precipitaciones, duplicadas en el año 1 con respecto al año 2.

La evolución del potencial hídrico foliar disminuye de forma gradual desde el envero hasta el momento óptimo de vendimia siendo en el tratamiento de secano en el que se alcanzan unos valores de potencial hídrico más bajos, lo que nos indica que sufre un mayor déficit hídrico (Tabla 1). Estos resultados siguen la misma tendencia que los obtenidos por Yuste et al. (2018) en un cv. Verdejo.

Sin embargo, contrariamente a lo esperado, la conductancia estomática es mayor en el tratamiento de Secano, oscilando entre los 71,8 mmol/m^2·s de conductancia en el Secano y 65,6 en el Riego de la medida de mediodía del día 21 de julio del año 2 (inicio de Envero) y los 271,8 mmol/m^2·s en el Secano y 186,17 en el Riego de la medida de máxima ese mismo día. Se observan diferencias estadísticamente significativas el segundo año del ensayo, cuando se aplica un tratamiento de secano más estricto. En lo que a transpiración se refiere también se observa la tendencia a alcanzar unos mayores valores en el tratamiento de secano. Fisiológicamente sorprende la respuesta de esta variedad, que no responde a esta menor disponibilidad hídrica cerrando los estomas para disminuir la transpiración, sino que los abre aumentando así la asimilación de CO_2, aun comprometiendo su supervivencia y mostrando una débil sensibilidad a la humedad del suelo y un nivel significativo de fotosíntesis y transpiración en situaciones de mayor déficit hídrico. En el estudio de Yuste et al. (2018) a pesar de darse en unas condiciones muy similares sí que observa que estos factores se ven favorecidos con el aporte de agua.

En ambos años del ensayo la LAI y SA son mayores en el tratamiento de Riego que en el de Secano, si bien, estas diferencias son menos acusadas. con unas diferencias entre tratamientos de 0.10 m^2/m^2 de LAI frente a los 0,56 del año 1 y de 0,09 m^2/m^2 de SA frente a los 0.30 del año 1. El mayor régimen hídrico favorece el crecimiento de los pámpanos, tanto principales como anticipados. Según lo observado, el tratamiento de riego se traduce en una mayor superficie foliar total y externa. El riego provoca el aumento en el número de hojas de los nietos con mayor intensidad que en el tallo principal. A su vez, este aumento de la masa foliar deriva en una mayor LAI y SA.

El efecto del riego sobre los componentes del rendimiento determina un mayor número de bayas por racimo y una mayor fertilidad, lo que se traduce, junto con el mayor peso de baya de este tratamiento, en una mayor producción de uva. Así mismo, el riego tiene un claro efecto sobre el vigor de la planta, siendo mayor el desarrollo vegetativo (expresado como el peso de la madera de poda), el peso del sarmiento y el número de sarmientos por planta en el tratamiento de riego (Tabla 2). Sin embargo, es el tratamiento de menor disponibilidad hídrica el más eficiente en términos de desarrollo reproductivo con respecto al productivo (Índice de Ravaz). Estos resultados coinciden con lo observado por otros autores (Estaban, 1999; Sofo, 2012, Yuste et al., 2018). Tanto el desarrollo vegetativo como la producción de uva se ven favorecidos por el riego.

En cuanto a los parámetros de calidad de las bayas, el riego provocó un aumento en la concentración de ácido málico con respecto al secano en el momento de vendimia, siendo estas diferencias estadísticamente significativas (Tabla 3). Presumiblemente esto se debe al aumento del área foliar originado por el riego, en total concordancia con los hallado por Valdés *et al*. (2013) para el Tempranillo y por De la Hera *et al*. (2005) para Monastrell. La incidencia del riego fue cuantitativamente menor para el ácido tartárico que para el málico, no observándose diferencias estadísticamente significativas en este parámetro en los dos tratamientos estudiados. Respecto al resto de variables de composición de la baya, este estudio muestra que su

comportamiento en las distintas condiciones de riego no fue estadísticamente significativo, resultados que coinciden con los resultados obtenidos por Valdés *et al*. (2013).

En vista de estos resultados, en las condiciones de cambio climático que estamos viviendo, es aconsejable el uso del riego como estrategia para aprovechar más eficientemente la capacidad productiva de las plantas y asegurar una mayor longevidad de las mismas. Con la aplicación de un riego racional, adaptado a cada momento del ciclo de la planta, podemos conseguir una mayor eficiencia fisiológica, equilibrio de los componentes del rendimiento, desarrollo vegetativo y una mayor productividad.

Gracias a esta mejora en la viticultura y en los protocolos enológicos de elaboración, Bodega Matarromera SL ha mejorado aún más si cabe la calidad de sus blancos elaborados en Bodega Emina en Medina del Campo, bajo la marca EMINA.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer al Ministerio de Economía y Competitividad (CDTI) la financiación facilitada para este estudio a través del proyecto CENIT-DEMETER, y a través de los programas Torres Quevedo y ADE: Atracción de Talento.

REFERENCIAS

Centeno, A., Baeza, P. and Lissarrague, J.R. 2010. Relationship between soil and plant water status in wine grapes under various water deficit regimes. HortTech 20(3): 585- 593.

Coombe, B.G. 1995. Growth stages of the grapevine. Aust. J. Grape and Wine Res. 1:100-110.

De la Hera, M.L., Martínez, A., López-Roca, J.M. and Gómez-Plaza, E. 2005. Effect of déficit irrigation on anthocyanin content of Monastrell grapes and wines. Span. J. Agric. Res. 3 (3): 352-361.

Esteban, M.A.; Villanueva, M.J.; Lisarrague, J.R. (1999). Effect of irrigation on changes in berry composition during maturation. Sugars, organic acids, and mineral elements. Am. J. Enol. Vitic. 50: 418-433.

Lorenzo M.N., Taboada J.J., Lorenzo J.F. and Ramos A.M. 2012. Influence of climate on grape production and wine quality in the Rías Baixas, north-western Spain. Regional Environmental Change: 1-10.

Neumann P. and Matzarakis A. 2011. Viticulture in southwest Germany under climate change conditions. Climate Res. 47(3): 161-169.

Salazar-Parra C., Aguirreolea J., Sánchez-Díaz M., Irigoyen J.J. and Morales F. 2010. Effects of climate change scenarios on Tempranillo grapevine (*Vitis vinifera* L.) ripening: response to a combination of elevated CO_2 and temperature, and moderate drought. Plant and Soil 337(1-2): 179-191.

Sofo, A., Nuzzo, V., Tataranni, G., Manfra, M., De Nisco, M.and Scopa, A. 2012. Berry morphology and composition in irrigated and non-irrigated grapevine (*Vitis vinifera* L.). J. of Plant Physiol. 169:1023-1031.

Valdés, M.E., Prieto, M.H., Moreno, D., Gamero, E., Montero, A., Mañas, F., López-Urgea, R., López-Fuster, P., Yuste, J., Alburquerque, M.V., Yuste, J.R., Barajas, E., Yeves, A., Pérez, D., Intrigliolo, D.S, and Gasterl, J.R. 2013. Efectos de clima y suelo sobre la respuesta al riego de Tempranillo (y II). Semana Vitivinícola nº 3.394: 262-268.

Yuste, J., Vicente, A. and Martínez-Porro, D. 2018. La dosis de riego en cv. Verdejo: estado hídrico, efectos fisiológicos y repercusión agronómica en la DO Rueda. XXXVI Congreso Nacional de Riegos, Valladolid.

Tabla 1- Datos de la Evolución del Potencial hídrico foliar (MPa) de las horas de medida (hora de máxima actividad fotosintética, sobre las 8-9 horas solares (Máxima) y mediodía solar, a las 12 horas solares (Mediodía), medido en diferentes momentos del ciclo. Nivel de significación (Sig.): ns = no significativo; * = p < 10%; ** = p < 5%; *** = p < 1%.

			Máxima	Mediodía				Máxima	Mediodía
Año 1	Floración	Riego	-0,51	-0,79	Año 2				
		Secano	-0,53	-0,78		Cuajado	Riego		-0,65
	Tamaño guisante	Riego	-0,76	-1,00			Secano		-0,67
		Secano	-0,80	-1,12					
	Inicio envero	Riego	-0,70	-1,31		Inicio envero	Riego	-0,83 a	-1,10
		Secano	-1,19	-1,50			Secano	-0,99 b	-1,07
		Sig.	**	ns			Sig.	***	ns
	Maduración	Riego	-1,27	-1,40		Maduración	Riego	-1,24	-1,21
		Secano	-1,64	-1,50			Secano	-1,26	-1,26

Tabla 2- Datos Carga (Nº sarmientos/cepa), Peso del sarmiento (gramos), Peso de madera de poda (PMP, Kg/ha) e Índice de Ravaz. Nivel de significación estadística (Sig.): ns = no significativo; * = p < 10%; ** = p < 5%; *** = p < 1%.

		Carga (Nº sarm/cepa)	Peso sarmiento (g)	PMP (Kg/ha)	I. Ravaz
Año 1	Riego	14,15	31,52	2.216,56	5,80
	Secano	14,00	30,97	2.150,05	5,38
Año 2	Riego	12,76	32,44	2009,96 a	3,73
	Secano	12,74	29,89	1857,97 b	3,09
	Sig			*	

Tabla 3.- ºBrix, pH, Acidez total (AT, g/l) y Acido málico (g/l) de la baya en los años 1 y 2. significativo; * = p < 10%; ** = p < 5%; *** = p < 1%.

Año 1							Año 2					
		12-ago	**26-ago**	**1-sep**	**13-sep**	**27 sep**	**3-ago**	**9-ago**	**17-ago**	**24-ago**	**12-sep**	**21-sep**
ºBrix	R	0,56	12,33	16,43	17,43	20,97	7,66	9,96	14,54	16,67	21,20	22,93 a
	S	0,56	11,92	17,13	18,13	20,53	7,48	9,59	14,72	16,47	21,07	22,07 b
							Sig					*
pH	R	2,60	2,79	3,38	3,28	3,55	2,49	2,25	2,76	3,25	3,66 a	3,55
	S	2,62	2,91	3,52	3,29	3,47	2,44	2,27	2,75	3,18	3,44 b	3,44
							Sig				*	
A.total	R	17,50	16,17	8,60	5,85	5,16	40,11	31,65	14,70	8,88	4,13	4,23
	S	17,50	16,73	8,78	5,85	5,52	40,03	34,37	14,70	9,70	4,27	4,88
A.málico	R	9,54	8,34	4,47	2,06	1,65			5,98 b	4,42 a	1,60	1,60
	S	9,62	7,69	4,04	2,28	1,51			9,20 a	3,18 b	1,74	1,35
							Sig		*	**		

Influencia de distintos sistemas de conducción en el rendimiento y desarrollo vegetativo de la variedad Pedro Ximénez

J.M. Cabezas[1], J.M. León[2], L.J. Repiso[2], P. Ramírez[2]
[1] Centro IFAPA "Alameda del Obispo", Avda. Menéndez Pidal s/n, 14004 Córdoba, España.
[2] Centro IFAPA "Cabra", Antigua Ctra. Cabra-Doña Mencía, Km. 2,5, 14940 Cabra, España.
Autora para correspondencia: mariap.ramirez.perez@juntadeandalucia.es

Resumen

La vid es un cultivo muy bien adaptado a las condiciones edafoclimáticas actuales de Andalucía, no obstante, su comportamiento agronómico puede verse seriamente afectado debido a cambios en el clima, repercutiendo en la producción y por tanto en la viabilidad de este. Por este motivo, se hace indispensable poder caracterizar el cultivo, así como su respuesta a las diferentes condiciones meteorológicas que se pueden dar en un lugar determinado. En este contexto se ha llevado a cabo un estudio durante tres campañas en una zona vitícola tradicional y con un clima tan extremo como es Montilla-Moriles, al sur de la provincia de Córdoba. Se ha evaluado la producción, el peso de la madera de poda y el grado de azúcar alcanzado en diferentes parcelas comerciales. Los resultados muestran cómo años algo más extremos de lo que se consideran normales en la zona, afectan de forma muy negativa a la producción, provocando caídas considerables de la cosecha y del vigor de las plantas. Además de esto, se produce un adelanto de la cosecha de entorno a un mes con respecto a una campaña típica. Esta información puede ser de vital importancia tanto para el futuro de la zona como para conocer los riesgos a los que se pueden enfrentar zonas que tengan un clima futuro similar.

Palabras clave: cambio climático, cordón doble, Montilla-Moriles, Pedro Ximénez, producción, vinos finos.

INTRODUCCIÓN

La Denominación de Origen (DO) Montilla-Moriles está situada al sur de la provincia de Córdoba y la comprenden diecisiete municipios ocupando una superficie de 4400 ha. La variedad principal es la Pedro Ximénez, muy bien adaptada a las condiciones secas y calurosas de la zona. El sistema de poda tradicional es en cabeza, aunque debido a la implantación de las ayudas a la reconversión, introducidas a comienzos de siglo, la superficie de viñedo podada en cordón con sistemas de empalizamiento en espaldera, se ha visto incrementada considerablemente, estando actualmente en torno al 50% del total de la superficie.

Durante los últimos años, se han experimentado una mayor incidencia de eventos meteorológicos extremos relacionados con el cambio climático, como son incrementos de temperaturas durante el ciclo del cultivo, reducción notoria de las precipitaciones o mayor número de olas de calor extremo. Según el informe del IPCC (2014) estas condiciones van a ser cada vez más comunes durante las próximas décadas. Es por ello, que es de vital importancia, conocer el comportamiento del cultivo, para así poder desarrollar medidas de adaptación específicas ante el cambio climático.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se ha llevado a cabo durante los años 2016 a 2018 en seis parcelas comerciales de la variedad Pedro Ximénez representativas de la DO Montilla-Moriles. Las plantaciones eran de diferentes características, elegidas todas ellas por representar a la variabilidad que se da en la DO en cuanto a marcos de plantación y sistemas de conducción y poda. En la Tabla 1 se exponen datos descriptivos más característicos de estas parcelas.

La precipitación acumulada en la zona, la temperatura máxima y mínima absoluta y la temperatura media registrada en cada campaña evaluada se muestra en la Tabla 2. Estos datos fueron registrados en la estación climática ubicada en la Oficina Comarcal Agraria de Montilla.

En cada una de las parcelas, se seleccionaron quince cepas que sirvieron de control. La vendimia se realizó cuando la concentración de solidos solubles de la uva alcanzó un valor mínimo de entre 23,8 y 25,3 ºBrix (14,0-15,0 % v/v de alcohol probable) que es la manera de proceder en la zona de estudio para la elaboración de vino fino. También se pesó la madera de poda después de la caída de las hojas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 3, se muestran los valores de producción de las diferentes parcelas a lo largo de las tres campañas, así como la fecha de recolección. La vendimia de 2017 se adelantó un mes con respecto a las de 2016 y 2018. En estos resultados quizá influyó el hecho de que, durante esa campaña, la precipitación fue considerablemente menor y la temperatura media fue en torno a 1 ºC mayor a las otras dos (Tabla 2 y Fig. 1), siendo esa diferencia de temperaturas especialmente superior en los meses de abril a junio. Esto refleja el efecto de la meteorología sobre la fenología del cultivo. El rendimiento también se vio afectado, ya que fue considerablemente menor en comparación con las otras dos campañas. La parcela Cañalerma, en cordón, espaldera y con riego de apoyo, fue la que mayor producción consiguió durante las tres campañas, llegando incluso a alcanzar 11 kg por cepa en 2018. Por el contrario, en Casablanca 2017, Los Raigones 2017 ambas en cabeza, y Melgar 2017 y 2018, la producción por planta no llegó a alcanzar los 3 kg. En cuanto al sistema de conducción, no se observa una tendencia clara de su influencia en un mayor o menor rendimiento. Cañalerma presentó valores mucho más altos que el resto de las parcelas, sobrepasando en los 3 años de estudio los límites de producción impuestos por el Consejo Regulador de la DO Montilla-Moriles (13.714 kg/ha). También sobrepasaron este límite todas las parcelas excepto Melgar, en el año 2018 en el que las precipitaciones estuvieron por encima de la media de la zona (600 mm).

En cuanto a los sólidos solubles, Melgar en 2018 con 28,6 ºBrix, fue donde se obtuvo el valor más alto, en cambio, la menor concentración se dio en Cañada Navarro ese mismo año con 22,3 ºBrix. En el 2016 solo Cañalerma y Los Raigones llegaron al contenido de sólidos solubles requeridos para la elaboración de vino fino sin tener que adicionar alcohol vínico, mientras que en el 2017 lo alcanzaron todas las fincas menos Cañada la Partera y Cañada Navarro. Es interesante destacar lo que ocurrió en Cañalerma, en la que todos los años se consiguió un contenido en sólidos solubles muy elevado, a pesar del rendimiento tan alto que presentaba. Se refuta así la idea generalizada en la zona de estudio, de que cuando la producción es muy elevada en un viñedo, la uva no puede llegar a un grado de azúcar tan alto como el que se persigue, para la elaboración de vinos finos sin adición de alcohol.

En la Tabla 3, además se muestra el peso de madera de poda de las cepas. Cañalerma de nuevo, es el viñedo donde en los tres años se ha registrado el mayor peso de la madera de poda, llegando hasta 1,6 kg/cepa en el 2017, siendo a su vez una parcela con un rendimiento muy alto. Las demás no suelen superar el kilo por cepa. El rango adecuado para un vigor moderado según

bibliografía (Martínez de Toda, 2011) se establece entre los 0,3-0,8 kg/cepa, aunque estos valores habría que ajustarlos en función de la variedad, sistemas de conducción y características edafoclimáticas principalmente. Durante el 2016 la mayoría de las parcelas superan este rango, mientras que, en los dos años siguientes, la sobrepasan Cañada la Partera y Cañalerma y Casablanca en 2017.

El comportamiento agronómico del cultivo, en una zona con una climatología tan extrema como la del sur del Córdoba, se ve fuertemente afectado con los diferentes cambios ambientales, repercutiendo fuertemente en la producción, con independencia del sistema de conducción. Esta situación lleva consigo que se deban tomar medidas en los próximos años para asegurar la viabilidad del cultivo de la vid en climas cálidos más vulnerables al cambio climático.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido elaborado dentro del Proyecto de Transferencia y Cooperación en Vitivinicultura Andaluza (TRANSVITI) PP.TRA.TRA2019.007, del Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), cofinanciado al 80% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, dentro del Programa Operativo FEDER de Andalucía 2014-2020.

Referencias

IPCC, 2014. Climate change 2014: Synthesis report. In: Pachauri, R.K., Meyer, L.A. (Eds.), Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 151.

Martínez de Toda F. Claves para la viticultura de calidad, segunda edición. Madrid-México; 2011.

Tablas

Tabla 1. Descripción de las parcelas evaluadas.

Parcela	Municipio	Año plantación	Sistema poda	Marco plantación	Portainjerto	Régimen hídrico	Zona DO
Cañada la Partera	Aguilar	2012	cordón doble	2,8 x 1,25	1103P	riego de apoyo	Ruedos
Cañada Navarro	Montilla	2008	cordón doble	2,8 x 1,1	1103P	secano	Sierra de Montilla
Cañalerma	Montilla	2007	cordón doble	2,9 x 1,2	161-49C	riego de apoyo	Ruedos
Casablanca	Moriles	1999	cabeza	1,8 x 1,8	161-49C	secano	Moriles Altos
Los Raigones	Montilla	1996	cabeza	2,1 x 2,1	110R	secano	Sierra de Montilla
Melgar	Moriles	2006	cordón doble	2,9 x 1,2	140Ru	secano	Moriles Altos

Tabla 2. Datos meteorológicos de Montilla en las tres campañas de estudio.

	Precipitación (mm)	**Temperatura Máxima (ºC)**	**Temperatura Mínima (ºC)**	**Temperatura Media (ºC)**
2015-2016	547	42,9	-1,2	17,3
2016-2017	485	45,1	-1,0	18,5
2017-2018	725	42,0	-1,4	16,8

Tabla 3. Fecha de vendimia, rendimiento, peso de madera de poda y concentración de sólidos solubles de las parcelas evaluadas.

	Cañalerma			**Casablanca**			**Melgar**			**Raigones**			**Cañada Navarro**			**Cañada La Partera**	
	2016	**2017**	**2018**	**2016**	**2017**	**2018**	**2016**	**2017**	**2018**	**2016**	**2017**	**2018**	**2016**	**2017**	**2018**	**2017**	**2018**
Fecha vendimia	22-sep	22-ago	24-sep	23-sep	25-ago	27-sep	30-sep	22-ago	27-sep	29-sep	24-ago	20-sep	03-oct	07-sep	01-oct	05-sep	03-oct
Rendim (t/ha)	28.1	16.3	31.6	9.8	8.7	15.7	10.0	6.3	7.7	9.2	6.3	16.5	12.0	12.0	23.0	13.1	16.5
Madera poda (kg/cepa)	1,4	1,6	1,4	1,0	1,0	0,7	1,0	0,6	0,7	0,7	0,5	0,8	1,1	0,5	0,7	1,1	0,9
Sólidos Solubles (º Brix)	25,8	28,1	26,3	23,0	26,2	25,5	22,9	26,3	28,6	24,9	28,0	23,4	22,6	23,2	22,3	22,6	23,6

Figuras

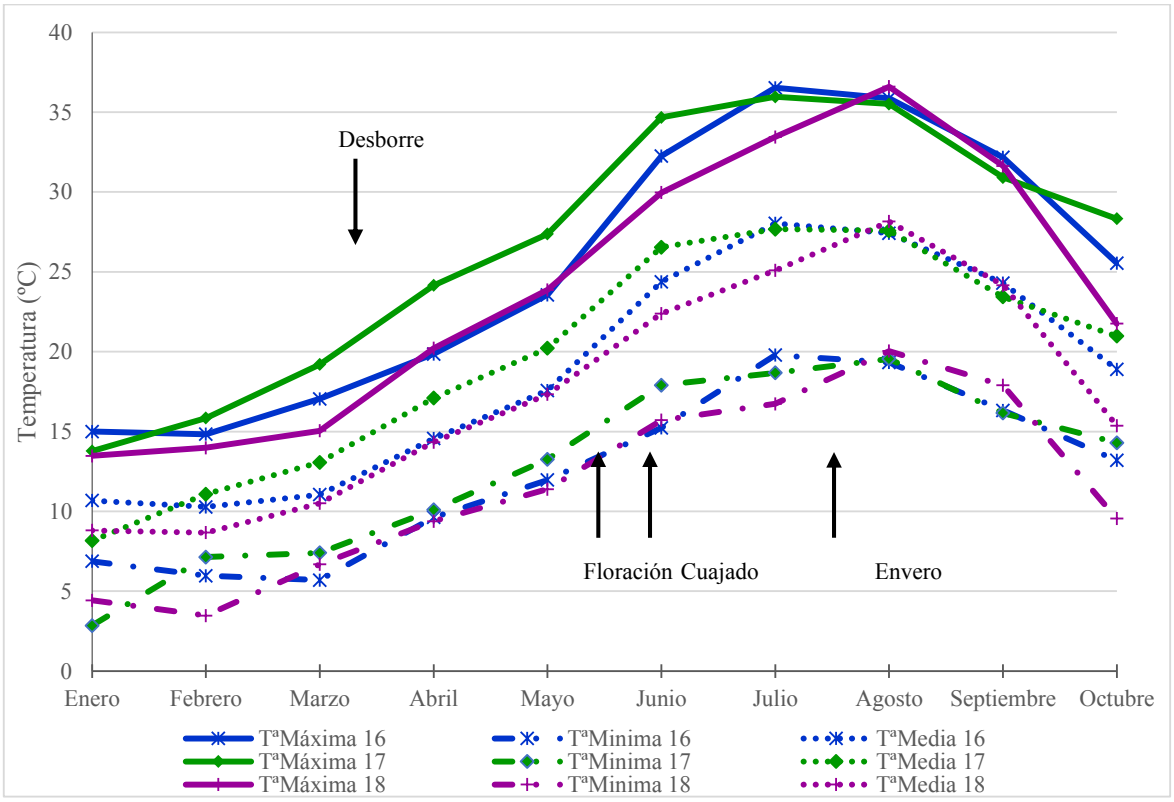


Fig. 1. Temperatura media, máxima y mínima de la zona de estudio para los 3 años de estudio.

Aprovechamiento de los sarmientos de poda como aditivos enológicos capaces de modular el carácter verde de los vinos (Patente PCT/EP2021/082717)

Cebrián-Tarancón, C.[1], Fernández-Roldán, F.[2,] Sánchez-Gómez, R.[1], Zalacain, A.[1], Alonso, G. L., Salinas, M. R.[1 *]

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

2 Pago de la Jaraba, Crta, Nacional 310, km 142, 7, 02600 Villarrobledo, España.

[*]Autor/a: rosario.salinas@uclm.es

Resumen

El trabajo muestra el procedimiento de preparación de los sarmientos de poda para ser usados como aditivos en la elaboración de los vinos, así como el protocolo para su uso en vinificación. Para transformarlos en aditivos, denominados *SEGs*, se requiere de varias etapas, en las que el tostado es decisivo. Los resultados de la aplicación de varias dosis en diferentes momentos de la vinificación para tres tipos de vinos elaborados con uvas tintas (Cencibel, Tempranillo y Cabernet Sauvignon) demuestran el gran impacto sensorial, obteniéndose vinos de una calidad diferenciada en los que el "carácter verde" disminuye en todos los casos, teniendo lugar un aumento de taninos sedosos y una reducción de taninos secantes y astringentes dependiendo de las condiciones de los tratamientos.

Palabras clave: impacto sensorial, reutilización de sarmientos, *SEGs*.

INTRODUCCIÓN

Los sarmientos de poda constituyen el residuo más abundante de la viña y su aprovechamiento ha despertado gran interés en los últimos tiempos en línea con la directiva de la UE de protección del medioambiente. Además, debido a su composición química constituyen un foco de atención en el sector enológico para ser usados como aditivos. En concreto, poseen compuestos fenólicos de reconocidas propiedades saludables (*trans*-resveratrol), o compuestos aromáticos de interesantes propiedades sensoriales (vainillina y sus derivados), que podrían ser recuperados y devueltos al vino. El presente trabajo resume los resultados de la patente europea (ref: 20383122.7-1105), y en la actualidad evaluada positivamente a nivel internacional como PCT/EP2021/082717, por la que se describe la preparación de los sarmientos de poda tostados (*SEGs*) para ser usados como aditivos enológicos, así como el protocolo para su uso en vinificación. Así mismo, se detalla el impacto químico y sensorial que tienen en los vinos a lo largo del embotellado, en especial en el denominado "carácter verde", el cual constituye uno de los problemas que más preocupa al sector por desmerecer la calidad. Cabe destacar que, como productos usados en vinificación, el proceso de preparación de los sarmientos (almacenamiento, troceado y tostado) no sólo modifica su composición química, sino que también asegura la eliminación de los posibles residuos de fitosanitarios usados en el viñedo. El objetivo de este trabajo es poner de manifiesto la capacidad de los *SEGs* para obtener vinos

de una calidad diferenciada, en los que el carácter verde intrínseco en algunos tipos de vinos disminuye significativamente, aumentando paralelamente la presencia de taninos sedosos y disminuyendo su efecto secante y astringente.

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante tres cosechas consecutivas (2019, 2020 y 2021) se han preparado los sarmientos para su uso como aditivos enológicos (*SEGs*). Para ello se utilizaron sarmientos de cv. Tempranillo (dos clones: que los diferenciamos como Cencibel y Tempranillo) y cv. Cabernet-Sauvignon, recogidos tras la poda en parcelas de Castilla-La Mancha (CLM). Los sarmientos se almacenaron intactos en oscuridad durante un periodo de tiempo definido previamente, y necesario para alcanzar el mayor contenido en metabolitos secundarios (Cebrián-Tarancón et al., 2017). Posteriormente se cortaron y tamizaron hasta conseguir fragmentos de un tamaño inferior a 2 cm, y se tostaron según las condiciones descritas por Cebrián-Tarancón et al. (2018). Los *SEGs* se adicionaron a los vinos de su misma variedad, Cencibel, Tempranillo y Cabernet Sauvignon respectivamente, en distintos momentos de la vinificación y en diferentes dosis. El tiempo óptimo de maceración se determinó mediante análisis sensorial desde que los *SEGs* se adicionaron al vino, (Cebrián-Tarancón et al., 2018, 2019a y b). Los vinos permanecieron hasta un año en botella y a lo largo de todas las etapas de vinificación y en el embotellado se analizaron los parámetros enológicos clásicos (EU, 2003), los compuestos fenólicos pormenorizados por HPLC-DAD y los compuestos volátiles por GC-MS (Cebrián-Tarancón, 2022a). Paralelamente se realizó un análisis sensorial por 8 catadores expertos (4 hombres y 4 mujeres) usando una ficha de cata preparada especialmente para este tipo de vinos (Cebrián-Tarancón et al., 2022b). Todos los datos fueron procesados estadísticamente mediante el programa SPSS versión 23.0 para Windows (SPSS, Chicago, IL, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los vinos elaborados en contacto con *SEGs* presentaron un perfil químico diferenciado, destacando por una composición fenólica en donde abundaron la (-)-epicatequina y el *trans*-resveratrol, debido a que ambos compuestos se encuentran en elevadas concentraciones en los sarmientos. Cabe destacar que en todos los vinos con *SEGs* el contenido de *trans*-resveratrol fue muy superior a los valores medios encontrados en la bibliografía para tipos de vinos similares, lo que sugiere un mayor beneficio para el consumidor dado su demostrado efecto positivo en la salud. La componente volátil también fue significativamente diferente de los correspondientes vinos control, destacando un aumento de compuestos como vanillato de etilo, cinamato de etilo y vainillina, que se asociaron a un descriptor aromático denominado como “madera dulce”, o del guayacol, que se asoció a descriptores de “ahumados” y “tostados”, aunque no siempre encontrando un aumento proporcional de estos compuestos con la dosis empleada de *SEGs*.

A nivel sensorial, los vinos con *SEGs* destacaron por la mayor presencia de notas aromáticas tostadas, ahumadas, de vainilla y de frutos secos que recuerdan a la avellana. Sin embargo, fue un hecho sorprendente la reducción significativa del “carácter verde” en todos los vinos a nivel gustativo, que se prolongó con el tiempo de embotellado (Fig. 1). Dicho carácter está ligado al aroma vegetal, a la astringencia y a los taninos secantes según Sáenz-Navajas et al. (2018). Estos autores concluyeron que entre los factores más influyentes en dicho descriptor destacan los pigmentos derivados de los antocianos, las procianidinas y el alcohol isoamílico,

aumentando con la mayor presencia de los tres grupos de compuestos. En línea con estas observaciones, en todos los vinos tratados con *SEGs* se observó una disminución del total de antocianos copigmentados (Fig. 2A) y del contenido en alcohol isoamílico (Fig. 2B), independientemente de la dosis utilizada (Tabla 1). Además, estos hechos están apoyados por la menor percepción en los vinos tratados de taninos secantes y astringentes, así como por el aumento de taninos sedosos.

AGRADECIMIENTOS

La solicitud de las patentes (patente europea nº de publicación EP4015613 y patente internacional PCT/EP2021/082717, nº de publicación WO2022/128367) ha sido posible gracias a la financiación de la Universidad de Castilla-La Mancha con cargo al programa "Protección de Resultados de Investigación". El trabajo fue financiado por FEDER y CDTI a través del Proyecto USARVID019 (Ref.: IDI-20190844) de la bodega Pago de la Jaraba (Albacete).

REFERENCIAS

Cebrián, C., Sánchez-Gómez, R., Salinas, M.R., Alonso, G.L., Zalacain, A. 2017. Effect of post-pruning vine-shoots storage on the evolution of high-value compounds. Ind. Crops Prod. 109:730-736.

Cebrián-Tarancón, C., Sánchez-Gómez, R., Salinas, M.R., Alonso, G.L., Oliva, J., Zalacain, A. 2018. Toasted vine-shoot chips as enological additive. Food Chem. 263:96-103.

Cebrián-Tarancón, C., Sánchez-Gómez, R., Carot, J. M., Zalacain, A., Alonso, G., Salinas, M.R. 2019a. Assessment of vine-shoots in a model wine as enological additives. Food Chem. 288:86–95.

Cebrián-Tarancón, C., Sánchez-Gómez, R., Cabrita, M. J., García, R., Zalacain, A., Alonso, G.L., Salinas, M.R. 2019b. Winemaking with vine-shoots. Modulating the composition of wines by using their own resources. Food Res. Int. 121:117–126.

Cebrián-Tarancón, C., Fernández-Roldán, F., Sánchez-Gómez, R., Alonso, G.L., Salinas, M.R. 2022a. Pruned vine-shoots as a new enological additive to differentiate the chemical profile of wines. Food Res. Int. 156:111195

Cebrián-Tarancón, C., Fernández-Roldán, F., Sánchez-Gómez, R., Alonso, G.L. y Salinas, M.R. 2022b. Evolution of Cabernet Sauvignon wines macerated with their own toasted vine-shoots. In Vino Analytica Sciencia – IVAS 2022, Neustad, 3-7 julio 2022.

EU Official Methods for Wine Analyses, Regulation 440/2003. European Commission: Brussels, Belgium, 2003. 42.

Sáenz-Navajas, M.P., Ariasa, I., Ferrero del Teso, S., Fernández-Zurbano, P., Escudero, A. Ferreira, V. 2018. Chemo-sensory approach for the identification of chemical compounds driving green character in red wines. Food Res. Int. 109:138–148.

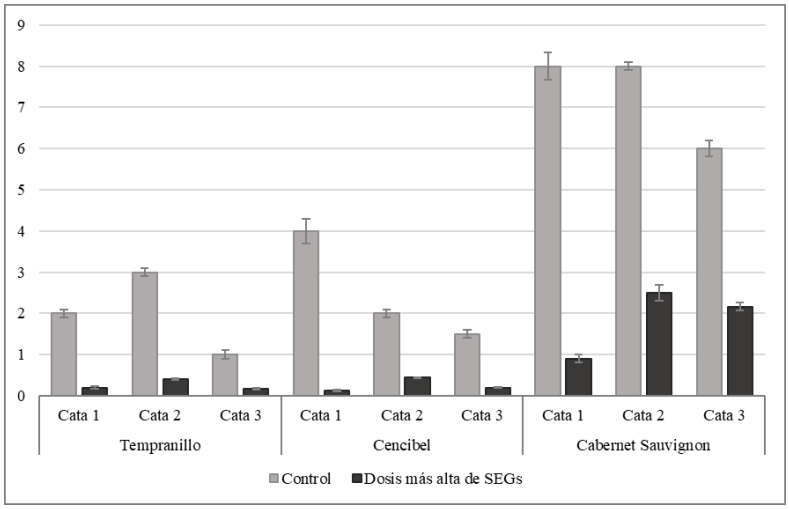


Fig. 1. Disminución sensorial del "carácter verde" en vinos de los cultivares Cencibel, Tempranillo y Cabernet Sauvignon macerados con la dosis más alta de *SEGs*. Las catas 1, 2 y 3, se realizaron de forma periódica a lo largo de la permanencia en botella.

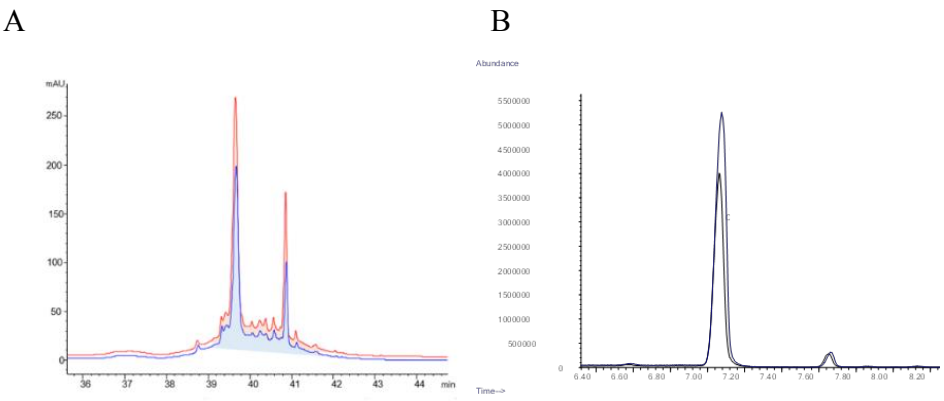


Fig. 2. A) Cromatogramas superpuestos (520 nm) de los antocianos copigmentados de un vino de Cabernet Sauvignon. En rojo se indica al vino control y en azul se muestra el vino tratado con la dosis más alta de *SEGs*. B) Cromatogramas superpuestos del pico correspondiente al alcohol isoamílico. En azul se indica al vino control y en negro el vino tratado con la dosis más alta de *SEGs*.

Tabla 1.- Antocianos copigmentados (ua) y alcohol isoamílico (mg.L^{-1}) en vinos de los cultivares Cabernet Sauvignon, Tempranillo y Cencibel. Comparación entre vinos control y vinos macerados con la dosis más alta de *SEGs*.

	Cabernet Sauvignon		***Tempranillo***		***Cencibel***	
	Control	*SEGs*	*Control*	*SEGs*	*Control*	*SEGs*
Alcohol isoamílico	17,09 b	15,99 a	23,35 b	22,36 a	25,00 b	23,73 a
Antocianos copigmentados	6132,8 b	4385,66 a	6756,54 b	4608,34 a	6935,35 b	3352,07 a

ua: unidades de área de los picos correspondientes a los antocianos copigmentados. Letras diferentes indican diferencias significativas en cada compuesto entre el vino control y vino en contacto con *SEGs* para cada variedad de acuerdo con la prueba HSD Tukey ($p \leq 0,05$).

Evaluación de la aplicación de etefón sobre la maduración y la calidad de la uva de 'Tempranillo Blanco'

Javier Portu*, Pilar Santamaría, Ana Rosa Gutiérrez, Lucía González-Arenzana, Juana Martínez

Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV) (Gobierno de La Rioja, Universidad de La Rioja, CSIC)

Autor: jportur@larioja.org

Resumen

El cambio climático tiene una gran influencia en el desarrollo de la vid y en el proceso de maduración de la uva, así como en su calidad. En este sentido, el aumento de las temperaturas y la menor disponibilidad hídrica favorecen el desajuste entre la maduración tecnológica, que se ve adelantada, y la maduración fenólica, que se ve perjudicada, obteniendo uvas con un mayor grado alcohólico y menor contenido polifenólico. En base al desafío del cambio climático, este trabajo tuvo como objetivo evaluar la aplicación foliar del fitorregulador etefón como herramienta para ajustar los procesos de maduración tecnológica y de maduración fenólica de la uva, lo que permitiría obtener uvas y vinos más equilibrados. Para ello, se llevó a cabo un ensayo en un viñedo de la variedad 'Tempranillo Blanco' (*Vitis vinifera* L.) localizado en la Finca La Grajera (Logroño) y con un diseño de cuatro bloques al azar. A comienzos del envero se aplicó de forma foliar 340 g/ha de etefón. En las semanas previas a la vendimia se evaluó la evolución de la madurez tecnológica y fenólica de la uva en comparación con un testigo sin tratar. En el momento de la vendimia se determinó la composición físico-química de la uva. Los resultados obtenidos muestran que la aplicación de etefón retrasó la acumulación de azúcares en la baya. A su vez, el tratamiento foliar aceleró la combustión de ácido málico, aunque no se hallaron diferencias en los parámetros de acidez en el momento de la vendimia. Finalmente, las uvas procedentes del tratamiento tendieron a acumular más compuestos fenólicos durante la maduración, si bien las diferencias se igualaron en la vendimia. Por todo ello, se puede concluir que esta práctica puede ayudar a obtener vinos más equilibrados en el actual contexto del cambio climático.

Palabras clave: cambio climático, madurez fenólica, madurez tecnológica, acidez

INTRODUCCIÓN

La crisis climática representa la mayor amenaza medioambiental de nuestro tiempo. Las proyecciones climáticas para España prevén un importante aumento de las temperaturas y un reparto más irregular de las precipitaciones, a lo que se une la mayor frecuencia de eventos climáticos extremos, como olas de calor, periodos de sequía y heladas, entre otros.

El sector vitivinícola es especialmente sensible a estos fenómenos, dada la influencia que tienen los factores climáticos en el desarrollo de la vid y en el proceso de maduración de la uva, así como en su calidad. En este sentido, el aumento de las temperaturas y la menor disponibilidad hídrica conllevan un acortamiento de las fases del ciclo vegetativo de la vid y un adelanto de la parada de crecimiento y del inicio del proceso de maduración. Todo ello provoca que el desarrollo de la maduración de la uva suceda de forma más rápida y bajo una menor oscilación térmica, lo que favorece un mayor desacoplamiento entre la maduración

tecnológica, que se ve adelantada, y la maduración fenólica y aromática, que se verían perjudicadas (García-Escudero Domínguez, 2018).

La maduración de la uva bajo estas condiciones climáticas acarrea una serie de consecuencias negativas para su calidad, entre las que podemos destacar la intensificación en la acumulación de azúcares y la disminución de la acidez en la uva, así como la reducción de la síntesis de compuestos fenólicos y aromáticos. De este modo, se favorece la obtención de vinos con mayor grado alcohólico y de peor calidad.

El etefón (ácido 2-cloroetilfosfónico) es un regulador del crecimiento vegetal que, una vez absorbido por la planta, se descompone y libera etileno dentro de los tejidos. El etileno es una hormona vegetal gaseosa que actúa principalmente sobre la maduración de la fruta y se usa ampliamente en la agricultura. En este sentido, algunas investigaciones han demostrado que la pulverización con etefón podría mejorar el color de la uva (El-Kereamy et al., 2003; Leão et al., 2015; Kok y Bal, 2018). En concreto, un estudio previo realizado en la variedad 'Tempranillo Tinto' mostró que el tratamiento foliar con etefón puede retrasar la acumulación de azúcares en la uva y favorecer de forma importante la acumulación de compuestos fenólicos, especialmente antocianos, permitiendo ajustar por tanto la maduración tecnológica y fenólica (Portu et al., 2021).

Por todo ello, y con el objeto de mitigar los efectos del cambio climático en la maduración y calidad de la uva, este trabajo tuvo como objetivo evaluar la aplicación foliar al inicio del envero del fitorregulador etefón como herramienta para ajustar los procesos de maduración tecnológica y maduración fenólica de la uva de 'Tempranillo Blanco', lo que permitiría obtener más equilibrados.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la variedad de uva 'Tempranillo Blanco' (*Vitis vinifera* L.) en un viñedo experimental ubicado en la Finca La Grajera (Logroño, La Rioja), propiedad del Gobierno de La Rioja. La parcela se plantó en el año 2002 y el portainjerto utilizado es R-110. El sistema de conducción corresponde a un cultivo en espaldera con un marco de plantación de 1,10 x 3,00 m, lo que resulta en una densidad de plantación de 3.030 cepas/ha.

Se consideraron los siguientes tratamientos experimentales: tratamiento 1 (testigo sin tratar) y un tratamiento 2 (tratamiento con 1,95 L/ha de Fruitel 180 (Bayer Cropscience)). Se estableció un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones por tratamiento. Cada repetición constó de una media de 25 cepas.

El tratamiento con etefón se practicó en forma de aplicación foliar el 8 de agosto, cuando el porcentaje de envero estuvo en torno al 5 %. Dicha aplicación se realizó con una mochila atomizadora, boquilla de cono hueco y pulverización por ventilador de aire. Por lo demás, el viñedo se mantuvo de forma convencional en lo que respecta a prácticas agronómicas y defensa fitosanitaria.

Se llevó a cabo un seguimiento del proceso de maduración mediante el análisis físico-químico de las uvas en cuatro momentos del proceso de maduración. Para ello, se muestrearon 300 bayas por cada tratamiento y repetición. Para cada momento de muestreo se determinaron los siguientes parámetros: peso de 100 bayas(g), azúcares, pH, acidez total, ácido málico, ácido tartárico, potasio, polifenoles totales, ácidos hidroxicinámicos y color amarillo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evolución de los parámetros de calidad de la uva durante el proceso de maduración se muestra en la Figura 1. Se observa que las uvas tratadas con etefón presentaron una menor acumulación de azúcares (Fig.1b). Sin embargo, también destaca que las uvas tratadas tendieron a tener menor acidez (Fig.1d), debido principalmente a una mayor combustión del ácido málico (Fig.1f), aunque estas diferencias desaparecieron en el momento de la vendimia.

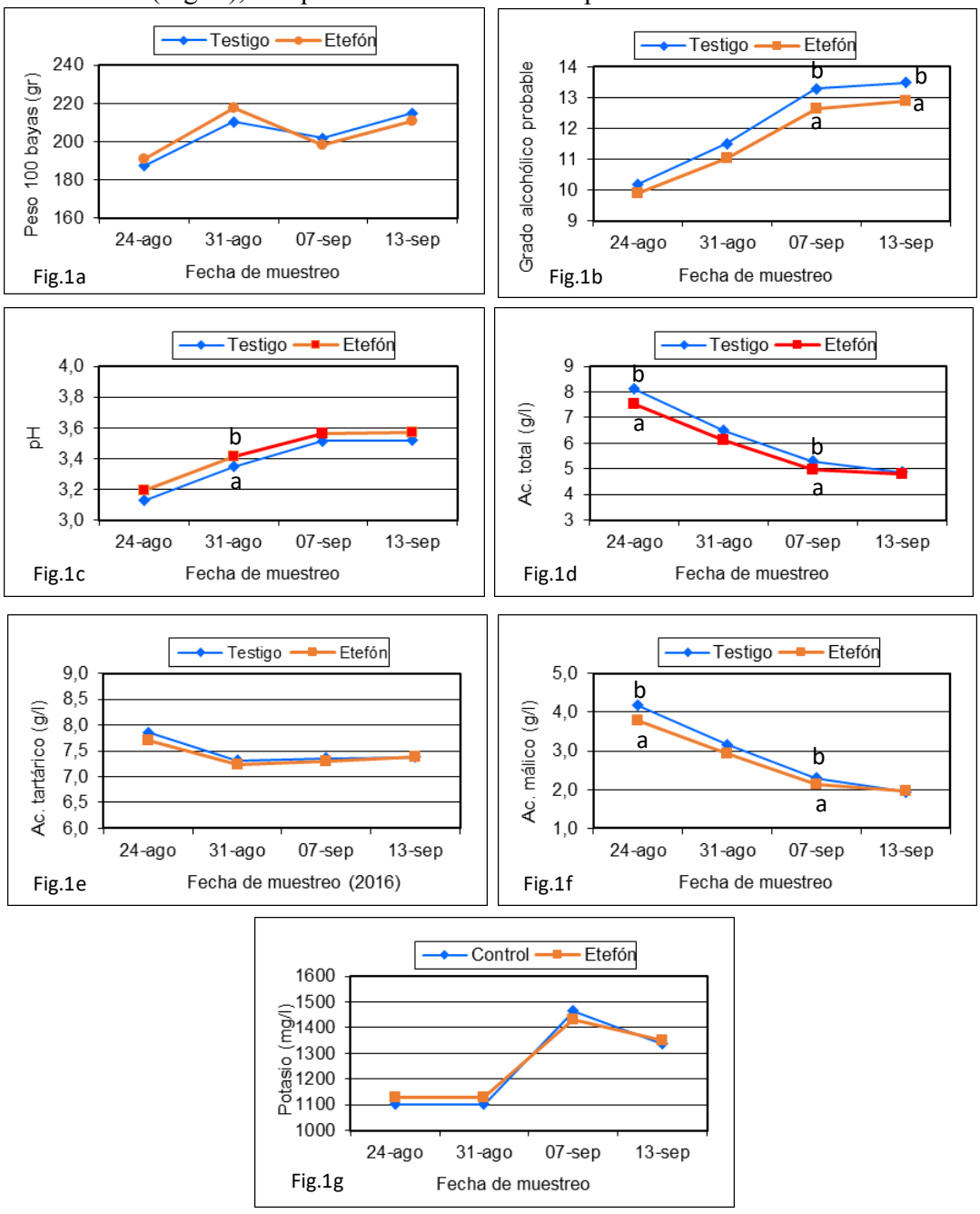


Fig. 1. Evolución de los parámetros físico-químicos durante la maduración.
Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0{,}10$).

Por otro lado, la Tabla 1 muestra la evolución de los parámetros de maduración fenólica durante el proceso de maduración de la uva. En general, el tratamiento con etefón favoreció una mayor acumulación de compuestos fenólicos, que fue estadísticamente significativa durante los tres primeros muestreos. Sin embargo, las diferencias se igualaron en el momento de la vendimia.

Tabla 1.- Evolución de los parámetros de maduración fenólica durante la maduración

	24.ago		31.ago		7.sept		13.sept	
	T	Et	T	Et	T	Et	T	Et
I.P.T. (Abs. 280 nm)	12.4a	13.4b	10.3 a	11.4 b	12.2a	13.2b	11.8	12.2
Ác. hidroxicinámicos (Abs. 320 nm)	7.72	7.65	7.28	7.01	7.58	7.57	7.76	7.72
Color amarillo (Abs. 420 nm)	0.39a	0.53b	0.86	0.90	0.49a	0.68b	0.60	0.71

I.P.T.= índice de polifenoles totales.
Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0{,}10$). T = testigo. Et = Etefón.

En general, los resultados obtenidos sugieren que la aplicación foliar de etefón puede retrasar la acumulación de azúcares a la vez que estimula la síntesis de compuestos fenólicos. Estos resultados confirman lo observado en estudios previos con la variedad 'Tempranillo Tinto'. No obstante, las uvas procedentes del tratamiento mostraron una cierta degradación del ácido málico. En cualquier caso, los resultados de un año de estudio indican que la aplicación foliar de etefón produce una menor acumulación de azúcares, un mayor contenido en IPT y mayor color amarillo en uvas de la variedad Tempranillo Blanco.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se financió gracias a un acuerdo de colaboración entre la empresa Bayer Cropscience y la Universidad de La Rioja (Ref. OTEM 160603).

REFERENCIAS

García-Escudero, E. 2018. Consideraciones sobre el cambio climático y la viticultura. Vida Rural. 449: 38-44.

Kok, D. y Bal, E. 2018. Enhancing skin color and phenolic compounds of cv. red globe table grape (*V. vinifera* L.) utilizing of different preharvest treatments. Erwerbs-Obstbau. 60: 75–81.

Leao, P.C.S., Lima, M.A.C., Costa, J.P.D. y Da Trindade, D.C.G. 2015. Abscisic acid and ethephon for improving red color and quality of Crimson seedless grapes grown in a tropical region. Am. J. Enol.Viticult. 66: 37-45.

López, R., Portu, J., González-Arenzana, L., Garijo, P., Gutiérrez, A.R. y Santamaría, P. 2021. Ethephon foliar application: Impact on the phenolic and technological Tempranillo grapes maturity. J. Food Sci. 86:803-812.

Malla de sombreado para reducir la temperatura del racimo. Una técnica de adaptación a los efectos del cambio climático

S. Ibáñez, L. Rivacoba y E. García-Escudero

Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC, Universidad de La Rioja, Gobierno de La Rioja). Apartado Postal Nº 1.042 - 26080 Logroño. sergio.ibanez@icvv.es

Resumen

Por lo general, el racimo resulta bastante sensible al incremento de temperatura que trae asociado el cambio climático. Una exposición excesiva del mismo podría provocar daños estructurales en la baya y afectar negativamente a su proceso de maduración. En este sentido, el empleo de mallas de sombreado puede evitar los efectos de las altas temperaturas, especialmente en variedades susceptibles a ello. Con este propósito, se ha llevado a cabo un ensayo en 2021 sobre la variedad Graciano, sensible al golpe de sol o asurado, en una parcela con un sistema de conducción en doble cordón Royat, localizada en Cenicero (La Rioja). En el diseño experimental se ha establecido tres tratamientos: 1) con malla de sombreado del 50%, 2) con malla de sombreado del 70% y 3) testigo sin malla. En los dos primeros tratamientos, la malla se colocó en la cara oeste, protegiendo principalmente la zona de racimos expuesta al sol de la tarde. Los resultados obtenidos han mostrado que las redes de sombreado han logrado disminuir considerablemente la temperatura del racimo, medida con cámara termográfica y con pistola de infrarrojos, evitado asimismo los daños por asurado que, en el testigo, han afectado a un 10% de racimos. Sin embargo, estos daños no han sido cuantitativamente importantes al alcanzar solo a un 5-20% de las bayas totales. En el momento de la vendimia, se ha observado que tanto el rendimiento unitario como el peso del racimo y de la baya han sido similares entre tratamientos, no detectándose tampoco diferencias significativas en los parámetros analizados del mosto y del vino relacionados con la acidez y con el grado alcohólico. Por el contrario, los tratamientos con malla han mostrado valores en el contenido de antocianos por encima del testigo, siendo además mejor valorados en el análisis organoléptico realizado por paneles expertos de cata.

Palabras clave: radiación, asurado, golpe de sol, cámara termográfica, Graciano.

INTRODUCCIÓN

El incremento de la temperatura es una de las consecuencias más destacadas del cambio climático, siendo el racimo de la vid particularmente sensible a este aumento. En algunos casos o variedades susceptibles, como Graciano, llega incluso a sufrir un daño denominado "golpe de sol" o "asurado", provocando una decoloración en la baya de tono amarillo o pardo que, en ocasiones, viene acompañada de una deshidratación de la misma que es capaz de ocasionar agrietado o pasificación. Además, este ascenso térmico podría generar desequilibrios en el fruto que perjudicarían a ciertas propiedades cualitativas como la maduración, el color, la acidez o las características organolépticas del mismo.

Entre las alternativas de manejo del viñedo que permitan evitar que los racimos reciban

una sobreexposición excesiva, cabe desatacar el empleo de redes de sombreado. Estas redes, con capacidad protectora ante la radiación ultravioleta, se instalan a modo de pantalla para evitar tanto los efectos de las altas temperaturas como los impactos directos que la radiación puede ocasionar a los racimos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha realizado un ensayo en 2021 en una parcela localizada en Cenicero (La Rioja), propiedad de Bodegas La Rioja Alta, plantada en 2016 con la variedad Graciano sobre el portainjerto SO4, adoptando un sistema de conducción mediante doble cordón Royat y con orientación norte-sur con desviación de -35°.

En el diseño experimental se han establecido tres tratamientos con tres repeticiones por cada uno de ellos y treinta cepas por repetición. En el primer tratamiento se ha dispuesto una malla o red de sombreado del 50% con un metro de altura y el segundo tratamiento se ha planteado con una malla similar, pero con sombreado del 70%. Ambas estructuras fueron colocadas en la cara oeste, protegiendo principalmente la zona de racimos expuesta al sol de la tarde. Por último, el tercer tratamiento ha sido un testigo sin malla.

Para evaluar de la influencia de la malla de sombreado en la temperatura del racimo se ha empleado una cámara termográfica que extrae una imagen térmica de los objetos que visualiza en función de las emisiones de radiación infrarroja de estos, donde cada pixel ofrece un dato de temperatura, proporcionando la temperatura media de toda la superficie del racimo fotografiado. Se consideraron tres momentos de medida, entre envero y maduración, para analizar la temperatura de los racimos: los días 5 y 25 de agosto y 27 de septiembre. En el primer caso, la medida se realizó centrada a las 12:30h, sin que el sol incidiera aún en la cara oeste de la espaldera, mientras que los dos restantes se plantearon a las 17:30h, para analizar el efecto térmico en dicha cara al recibir la luz solar. Asimismo, se evaluaron distintos componentes de la producción, del mosto y del vino, estimando igualmente, en el momento de vendimia y de forma visual e individual para cada racimo recolectado, el daño ocasionado por el golpe de sol en función del porcentaje aproximado de bayas afectadas en el total de cada racimo, obteniendo información de la cantidad de racimos dañados y de la intensidad de ese daño en el conjunto del racimo.

El análisis estadístico de los datos resultantes se ha efectuado con el programa IBM SPSS, versión 26. Se han aplicado técnicas de análisis de la varianza (ANOVA) con el fin de conocer si existen diferencias en los distintos parámetros estudiados en función del tratamiento planteado. En los gráficos adjuntos, los asteriscos se refieren al nivel de significación. Así, *: $p<0,05$; **: $p<0,01$; ***: $p<0,001$. Por su parte, las letras distintas que siguen a los valores de cada variable, sirven para reflejar las diferencias entre tratamientos, estimadas mediante el test de separación de medias de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La protección con mallas de sombreado logró disminuir, de forma significativa, la temperatura media del racimo (Tabla 1) en todas las situaciones analizadas, incluyendo los momentos en los que los racimos no recibieron directamente la radiación, como es el caso de la primera medida realizada. Por su parte, en el mes de agosto se ha observado que con la malla de 50% se ha logrado en un mayor efecto refrigerante con que con la de 70%, siendo esta última la que teóricamente cuenta con un porcentaje más elevado de sombreado. Tal circunstancia podría deberse a que con la malla de 50% se consiga una combinación más eficaz de protección y aireación.

En la vendimia se efectuó una estimación de los daños en racimos por golpe de sol a través de una valoración visual e individual de todos los racimos recolectados y en función del porcentaje aproximado de bayas afectadas en el total de cada racimo. Los resultados mostrados en la Tabla 2 son muy relevantes respecto a la eficacia de la acción protectora de las mallas de sombreado. En este sentido, se detectó que algo más del 10% de los racimos del tratamiento testigo sufrieron, en mayor o menor medida, daños por golpe de sol, mientras que en los tratamientos en los que se instaló malla apenas experimentaron deterioro. Sin embargo, ese 10% de racimos testigo que presentaban golpe de sol, únicamente tenían entre un 5-20% de las bayas afectadas, por término general, por lo que el daño de estos racimos, en su conjunto, tan solo representa el 1,41% del total del racimo, lo que denota una importancia cuantitativa limitada, tal y como lo refleja el valor medio del rendimiento unitario del tratamiento testigo, el cual no se ha visto afectado significativamente por el asurado (Tabla 2).

Por su parte, el análisis del mosto y del vino (Tabla 2) ha ofrecido ligeras variaciones en cuanto al contenido de ácido málico del mosto, que ha alcanzado mayores valores en los tratamientos con malla respecto del testigo, pero no de forma significativa. En este sentido, cabe recordar que la inactivación de síntesis de este ácido se produce con temperaturas superiores a 38ºC y su acumulación óptima en la baya se alcanza con rangos comprendidos entre 20 y 25ºC (Lakso y Kliewer, 1973). Por tanto, y a pesar de no obtener datos concluyentes al respecto, hay que valorar positivamente el papel de la malla en la contención de los efectos adversos de las altas temperaturas y, por ende, en el contenido de ácido málico. En el vino, los resultados más relevantes se han dado en el nivel de antocianos, con valores significativamente superiores en los tratamientos con malla, no siendo las diferencias tan evidentes para el Índice de Polifenoles Totales. En este sentido, es posible que el efecto de la malla haya protegido a la uva de la degradación de antocianos, que puede verse afectada por altas temperaturas, o haya favorecido la síntesis y acumulación de estos compuestos, posibilitando un microclima más propicio para ello. Al respecto, estudios como los de Pallioti et al. (2014) manifiestan que temperaturas por encima de 35ªC no solo perjudican la síntesis de antocianidinas, sino que favorecen su degradación, mientras que los de Lu et al. (2019) indican que aumentos térmicos en maduración entre 1,5 y 5ºC, asociados al cambio climático, condicionan el metabolismo secundario en la baya, reduciendo la acumulación de aminoácidos, antocianidinas y ciertos precursores aromáticos.

La cata de los vinos elaborados ha mostrado cierta preferencia del panel hacia los vinos procedentes de los tratamientos con malla, valorándolos por encima del testigo en aspectos como la intensidad y calidad olfativa y, sobre todo, en la intensidad y calidad gustativa y en la armonía (Fig. 1).

CONCLUSIONES

Como consideración final, y a pesar de que resulta necesario ampliar los datos obtenidos con algún año adicional de experiencias, podemos decir que la instalación de mallas de sombreado ha evitado los daños por golpe de sol en la variedad Graciano y ha logrado disminuir significativamente la temperatura del racimo. Sin embargo, estos daños no han sido cuantitativamente importantes en el testigo. A nivel cualitativo, los vinos procedentes de los tratamientos con malla han mostrado mayor contenido en antocianos y una mejor valoración organoléptica con respecto al testigo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca dentro de las actuaciones del proyecto Estrategias y prácticas vitícolas sostenibles de adaptación al cambio climático (VITISAD), cofinanciado al 65% por el

Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del Programa Interreg V-A España-Francia-Andorra (POCTEFA 2014-2020).

REFERENCIAS

Lakso, A.N. and Kliewer, W.M. 1975. The influence of temperature on malic acid metabolism in grape berries: I. Enzyme responses. Plant Physiology 56(3): 370-372. https://doi.org/10.1104/pp.56.3.370.

Lu, H.-C., Wei, W., Wang, Y., Duan, C.-Q., Chen, W., Li, S.-D. and Wang, J. 2021. Effects of sunlight exclusion on leaf gas exchange, berry composition, and wine flavour profile of Cabernet-Sauvignon from the foot of the north side of Mount Tianshan and a semi-arid continental climate. OENO One, 55(2), 267–283. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.2.4545.

Palliotti, A., Tombesi, S., Silvestroni, O., Lanari, V., Gatti, M. and Poni, S. 2014. Changes in vineyard establishment and canopy management urged by earlier climate-related grape ripening: A review. Scientia Horticulturae 178: 43–54. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.07.039.

Tabla 1. Temperatura media del racimo.

Fecha de medición	**Testigo (ºC)**	**Malla 50% (ºC)**	**Malla 70% (ºC)**	**g.s.**
5 agosto	25,97 **a**	24,80 **b**	25,35 **ab**	*
25 agosto	38,73 **a**	32,42 **c**	33,85 **b**	***
27 septiembre	28,37 **a**	26,36 **b**	26,03 **b**	***
Media total	31,02 **a**	27,86 **b**	28,41 **b**	**

Grado de Significación (g.s.)

Tabla 2. Parámetros determinados en vendimia. Valores medios.

	Testigo	**Malla 50%**	**Malla 70%**	**g.s.**
Racimos dañados por golpe de sol (%)	10,64 **a**	0,11 **b**	0,47 **b**	***
Daño total del racimo (%)	1,41 **a**	0,01 **b**	0,03 **b**	***
Rendimiento unitario (kg/cepa)	3,08	3,21	3,15	n.s.
Grado Alcohólico del vino (%vol)	12,72	13,02	13,10	n.s.
Ácido málico del mosto (g/l)	1,25	1,37	1,35	n.s.
Antocianos del vino (mg/l)	763,74 **b**	835,47 **a**	799,67 **ab**	*
Índice Polifenoles Totales del vino (280 nm)	49,86	50,02	51,34	n.s.

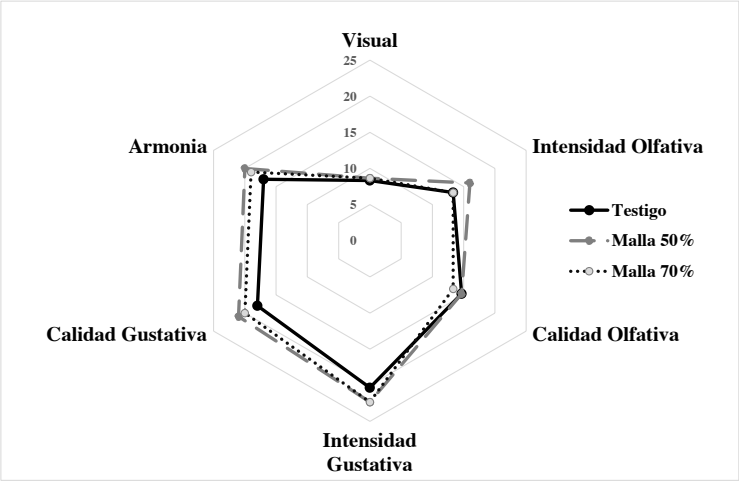


Fig 1. Gráfico radial del análisis organoléptico.

Desarrollo de inoculantes microbianos mediante fermentación en fase sólida para acelerar la transición ecológica de los viñedos

Juan F. Aguiar[1], Isabel M. Liberal[1], María L. Muñoz[1], Emma Cantos-Villar[2], Belén Puertas[2], Raúl Ochoa-Hueso[1*]

[1]Departmento de Biología, Área de Botánica, Universidad de Cádiz, Instituto de Investigación Vitivinícola y Agroalimentaria (IVAGRO), Avenida República Árabe Saharaui, 11510, Puerto Real, Cádiz, España. [2]IFAPA Rancho de la Merced, Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible, Junta de Andalucía, 11471 Jerez de la Frontera, España. **rochoahueso@gmail.com*

Resumen

Alcanzar la sostenibilidad de la agricultura requerirá, entre otras acciones, una mejora del suelo y de su microbiota asociada. La inoculación con comunidades microbianas beneficiosas del suelo podría contribuir a acelerar la regeneración de las tierras de cultivo, incluyendo los viñedos. En este estudio, elaboramos 25 inóculos de comunidades completas a partir de muestras de rizosfera procedentes de 23 viñedos gaditanos, andaluces y europeos. Para ello, mezclamos en cajas Petri de 15 cm 0.1 g de suelo donante de inóculo y 20 g de sustrato vegetal triturado y esterilizado compuesto por madera de poda, raspones, orujos, y lías (relación C:N de 30:1 y pH 4.5). Las fermentaciones aeróbicas se llevaron a cabo durante un periodo de 56 días y evaluamos su actividad enzimática durante ese periodo. La actividad enzimática del sustrato en las placas evolucionó desde la ausencia de actividad inicial hasta valores de actividad elevados. Las enzimas ligadas al ciclo del C y al P mostraron una tendencia general a mostrar mayor actividad hacia los 14 días de incubación, para posteriormente disminuir o mantenerse constantes, mientras que las enzimas ligadas al N tendieron a mostrar sus valores más altos tras 28 días de incubación. Pese a estos patrones generales, las muestras correspondientes a cada una de las diferentes comunidades inoculadas siguieron una trayectoria diferente. Además, observamos relaciones significativas entre la actividad inicial de la muestra de suelo de rizosfera donante del inóculo, y la actividad enzimática del fermento, sobre todo a partir del día 28 de incubación. Esto sugiere la posibilidad de predecir el potencial metabólico de un fermento a partir del potencial metabólico de la muestra donante de las comunidades microbianas encargadas de llevar a cabo la fermentación.

Palabras clave: fermentación fase sólida, biofertilizante, inóculo, microorganismos del suelo, actividad enzimática.

INTRODUCCIÓN

Los viñedos se encuentran entre los cultivos manejados de forma más intensiva debido al frecuente uso de agroquímicos, sobre todo biocidas tales como fungicidas e insecticidas, y la labranza del suelo (Gago et al., 2007). Esto ha resultado en viñedos altamente erosionados y empobrecidos biológicamente con baja capacidad para hacer frente a plagas, enfermedades y estreses ambientales de forma natural (Winter et al., 2018). En concreto, las comunidades microbianas (bacterias y hongos) que se asocian con las raíces y parte aérea de la vid son especialmente importantes para la salud de los viñedos a través de su papel en el reciclado y transferencia de nutrientes, la producción de factores de crecimiento, fitohormonas, y otras

sustancias beneficiosas para el crecimiento vegetal, así como el control de la respuesta inmunitaria de la planta y su resistencia a condiciones ambientales adversas (Ahmad et al., 2008). Por ello, la aplicación de inoculantes de origen microbiano (también conocidos como bioestimulantes o biofertilizantes) es considerada como una de las estrategias más prometedoras para regenerar el funcionamiento natural de los viñedos (Gutiérrez-Gamboa et al., 2019).

El objetivo de este trabajo es desarrollar inoculantes microbianos basados en comunidades complejas a partir de muestras de suelo de la rizosfera (esto es, el suelo que está en contacto directo con las raíces finas) procedentes de viñedos de la provincia de Cádiz (9 viñedos), la Comunidad Autónoma de Andalucía (excluyendo Cádiz, 9 viñedos), y Europa (excluyendo Cádiz y Andalucía, 5 viñedos). Los inóculos se elaboraron a través de la fermentación aerobia de material vegetal procedente de la viticultura (restos de poda) y vinificación (raspones, orujos, y lías) durante un periodo de 56 días. Posteriormente, se evaluó la actividad potencial de los inóculos a través de ensayos de actividad enzimática, así como la relación existente entre la actividad medida en el suelo donante y la actividad en el inóculo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las muestras procedentes de 23 viñedos fueron recogidas durante la época del envero entre los años 2020 y 2021. Se recolectaron muestras de suelo de la rizosfera de entre 0-40 cm de profundidad procedentes de cada viñedo (5 plantas por viñedo). Para cada muestra compuesta se midió la actividad de cuatro enzimas hidrolíticas ligadas al ciclo del carbono (C): β-1,4-glucosidasa (BG), β-xilosidasa (XYL), β-D-celobiohidrolasa (CB) y α-1,4-glucosidasa (AG); dos enzimas ligadas al ciclo del nitrógeno (N): β-1,4-N-acetilglucosaminidasa (NAG), y leucina-aminopeptidasa (LAP); una enzima ligada al ciclo del fósforo (P): fosfatasa (PHOS); y una enzima ligada al ciclo del azufre (S): arilsulfatasa (AS). Los análisis se llevaron a cabo a partir de muestras de suelo congeladas diluidas en acetato sódico 0,5 M a pH 4,5 de acuerdo con el protocolo descrito en Bell et al., (2013). Las placas con las muestras se incubaron durante 1,5 h a 35 ºC en oscuridad, y posteriormente se midieron en un lector de microplacas de fluorescencia (BMG FLUOStar Omega), usando una longitud de onda de excitación de 365 nm y una longitud de onda de emisión de 450 nm.

Para la elaboración de los inóculos, se usaron como sustrato inicial una mezcla de restos de poda, raspones, lías y orujos. Estos residuos fueron secados en una estufa a 60 ºC y posteriormente triturados. Se preparó una mezcla compuesta por 88,5% madera de poda, 4% de sarmientos, 6,5% de orujos y 1% lías (relación C:N = 30:1; pH = 4.5). Esta mezcla final fue hidratada hasta capacidad de campo para luego ser esterilizada en autoclave. Además de los 23 inoculantes correspondientes a los 23 viñedos, se prepararon inoculantes procedentes de la mezcla de suelo de rizosfera para el conjunto de localidades de Cádiz y Andalucía. Para la fermentación se introdujeron 0,1 g procedentes de los 25 suelos o mezcla de suelos en placas de Petri que contenían 20 gramos de sustrato hidratado y autoclavado. Las placas fueron cerradas usando Parafilm con el fin de permitir únicamente el paso del aire. Se prepararon un total de 312 placas, que se distribuyeron entre los 25 tipos de inóculos y cuatro tiempos de muestreo (14, 28, 42 y 56). Cada tratamiento y tiempo de muestreo se replicó 3 veces. La incubación se llevó a cabo temperatura ambiente (21-24 °C) y en oscuridad. Tras el muestreo destructivo de las placas, se guardó una alícuota congelada que posteriormente se utilizó para llevar ensayos de actividad enzimática siguiendo el protocolo descrito anteriormente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La actividad enzimática del sustrato en las placas evolucionó desde la ausencia o prácticamente ausencia de actividad hasta valores de actividad elevados (Figura 1). Las enzimas que mostraron mayor actividad en conjunto fueron aquellas ligadas al ciclo del C, seguidas de las enzimas ligadas al ciclo del N, P y S. Las enzimas ligadas al C y al P mostraron una tendencia general a mostrar mayor actividad hacia los 14 días de incubación, para posteriormente disminuir o mantenerse constantes, mientras que las enzimas ligadas al N tendieron a mostrar sus valores más altos tras 28 días de incubación. Pese a estos patrones generales observados, las muestras correspondientes a cada una de las diferentes comunidades inoculadas siguieron una trayectoria diferente. Estos resultados sugieren un periodo de alta actividad inicial durante el cual las comunidades microbianas se establecen, y una segunda fase a partir de los 14-28 días en los que la actividad se mantiene en un estado estacionario. También observamos que un mayor tiempo de incubación pareció relacionarse con una mayor variabilidad en los valores de actividad enzimática, sobre todo en el caso de las enzimas ligadas al C y al P. Esto implica que a medida que van desarrollándose las comunidades microbianas en cada placa el perfil metabólico de las mismas también va evolucionando.

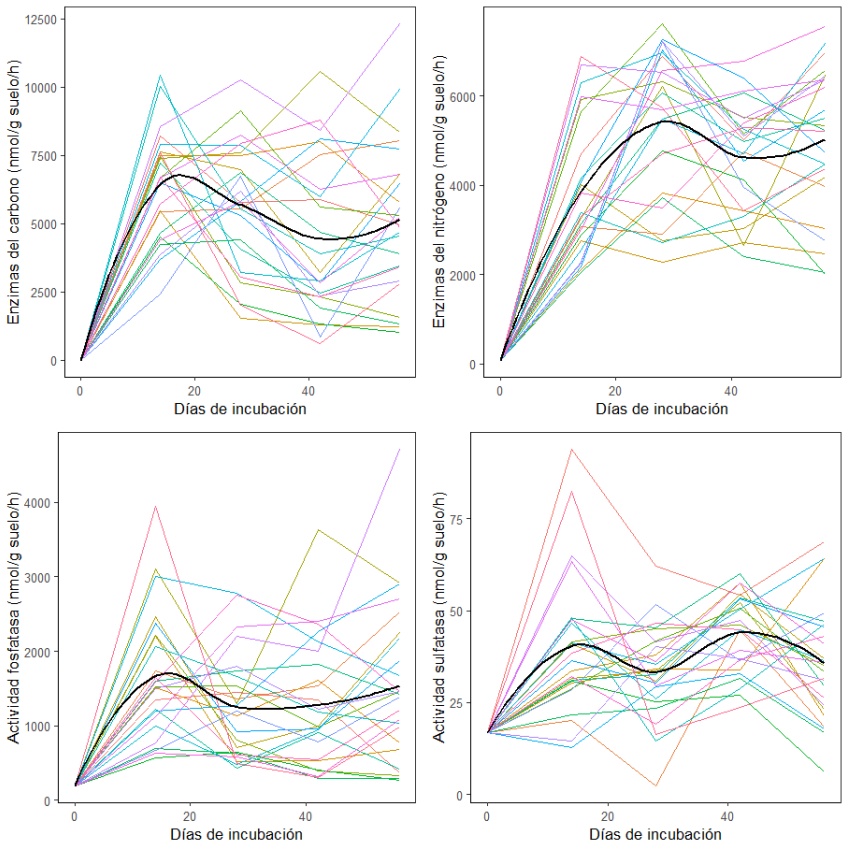


Figura 1. Evolución de las placas a lo largo del periodo de 56 días de incubación. La línea negra indica la evolución de todas las placas consideradas en conjunto, mientras que las líneas de colores se refieren a las distintas localidades estudiadas. Enzimas del carbono = BG+CB+AG+XYL. Enzimas del nitrógeno = NAG+LAP.

Tabla 1. Correlaciones de Pearson entre la actividad enzimática de los suelos de rizosfera donantes de comunidades microbianas y la de los inóculos elaborados a partir de ellos a lo largo del periodo de incubación de 56 días. Coeficientes de correlación en negrita indican relaciones significativas *(P* < 0,05). C.enz = BG+AG+CB+XYL; N.enz = NAG+LAP; S = enzimas del suelo de rizosfera; I = enzimas del inóculo tras la fermentación.

	14 días				**28 días**				**42 días**				**56 días**			
	Cenz.I	**Nenz.I**	**PHOS.I**	**AS.I**	**Cenz.I**	**Nenz.I**	**PHOS.I**	**AS.I**	**Cenz.I**	**Nenz.I**	**PHOS.I**	**AS.I**	**Cenz.I**	**Nenz.I**	**PHOS.I**	**AS.I**
C.enz.S	-0,103	0,201	-0,098	0,137	0,224	0,105	**0,434**	-0,097	0,155	**0,457**	0,268	-0,098	0,216	0,276	0,364	-0,006
N.enz.S	-0,003	0,252	-0,054	0,202	**0,423**	0,222	**0,548**	-0,054	0,319	0,374	0,356	-0,171	**0,507**	**0,481**	**0,583**	-0,026
PHOS.S	-0,089	0,234	-0,074	0,183	**0,409**	0,129	**0,589**	-0,116	0,300	**0,413**	0,337	-0,176	0,390	**0,418**	**0,471**	0,005
AS.S	-0,315	-0,021	-0,089	0,000	0,109	**0,396**	0,197	0,061	-0,158	**0,399**	-0,023	-0,216	0,187	0,362	0,253	0,060

Observamos relaciones significativas entre la actividad inicial de la muestra de suelo de rizosfera donante del inóculo, y la actividad enzimática del fermento (Tabla 1). Esta relación se empezó a observar a partir del día 28 de incubación e involucró sobre todo a las enzimas ligadas al ciclo del N y P. Esto implica que es posible predecir el potencial metabólico de un fermento a partir del potencial metabólico de la muestra donante de las comunidades microbianas encargadas de llevar a cabo la fermentación. Esto sugiere la idoneidad de llevar a cabo ensayos de actividad enzimática como método rápido y barato previo a la evaluación del potencial fermentador de comunidades complejas obtenidas a partir de muestras de rizosfera.

Hemos demostrado el potencial de la fermentación en fase sólida de subproductos de la viticultura y vinificación para elaborar biofertilizantes con características similares a las del suelo donante de inóculo. Sin embargo, aún quedan por explorar cuestiones importantes tales como la composición de las comunidades microbianas de los inóculos (baterías, hongos, protozoos, y pequeños invertebrados). Esta investigación abre, además, la puerta al planteamiento de estudios en condiciones de campo que evalúen la capacidad de estos biofertilizantes para promover variables ligadas al funcionamiento del suelo (por ejemplo, fijación de nitrógeno y/o incremento de la solubilización de nutrientes limitantes tales como el fósforo), la mejora del estado nutricional de las plantas, o el incremento de la resistencia a plagas y enfermedades. Dichos estudios podrían arrojar luz sobre la utilidad de estos inoculantes microbianos desarrollados a partir de comunidades complejas y altamente funcionales para contribuir hacia una viticultura más basada en el natural funcionamiento de los ecosistemas y, por tanto, más sostenible.

AGRADECIMIENTOS

R.O.H. está financiado por el programa Ramón y Cajal del MICINN (RYC-2017 22032), por el Proyecto de I+D+i del Ministerio de Ciencia e Innovación PID2019-106004RA-I00 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033, por el programa José Castillejo" del "Ministerio de Universidades" (CAS21/00125), por el proyecto del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y la Consejería de Transformación Económica, Industria, Conocimiento y Universidades of the Junta de Andalucía (FEDER Andalucía 2014-2020 Objetivo temático "01 - Refuerzo de la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación"): P20_00323 (FUTUREVINES), y por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) a través de las "Ayudas a Grupos operativos de la Asociación Europea de Innovación (AEI) en materia de productividad y sostenibilidad agrícolas", Referencia: GOPC-CA-20-0001.

REFERENCIAS

Ahmad, F., Ahmad, I., & Khan, M. S. (2008). Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. *Microbiological Res*., *163*(2).

Bell, C. W., Fricks, B. E., Rocca, J. D., Steinweg, J. M., McMahon, S. K., & Wallenstein, M. D. (2013). High-throughput fluorometric measurement of potential soil extracellular enzyme activities. *J. of Visualized Experiments : JoVE*, *81*.

Gago, P., Cabaleiro, C., & García, J. (2007). Preliminary study of the effect of soil management systems on the adventitious flora of a vineyard in northwestern Spain. *Crop Protection*, *26*(4).

Gutiérrez-Gamboa, G., Romanazzi, G., Garde-Cerdán, T., & Pérez-Álvarez, E. P. (2019). A review of the use of biostimulants in the vineyard for improved grape and wine quality: effects on prevention of grapevine diseases. In *J*. *of the Sci*. *of Food and Agr*. (Vol. 99, Issue 3).

Winter, S., Bauer, T., Strauss, P., Kratschmer, S., Paredes, D., Popescu, D., Landa, B., Guzmán, G., Gómez, J. A., Guernion, M., Zaller, J. G., & Batáry, P. (2018). Effects of vegetation management intensity on biodiversity and ecosystem services in vineyards: A meta-analysis. In *J*. *of Appl*. *Ecol*. (Vol. 55, Issue 5).

Explorando el potencial bioestimulante del alga invasora *Rugulopterix okamurae* en vid

A.M. Diez-Navajas[1], Amaia Mena-Petite[2], E. Pilar Perez-Alvarez[3], M.T. Lacuesta[2], E. Cretazzo[4], U. Pérez-López[5], M.J. Jiménez-Hierro[4], B. Puertas[4], N. Bertazzon[6], D. Llamazares[1], C. Fernández-Díaz[7], I. Zarraonaindia[8,9]*, E. Cantos-Villar[4]*

[1]Neiker, Dpto. de Producción y Protección Vegetal, Vitoria-Gasteiz, España.

[2] Dpto. de Biología Vegetal y Ecología, UPV/EHU, Vitoria-Gasteiz (Araba), España.

[3] VIENAP, ICVV, Carretera de Burgos, Km. 6, 26007 Logroño, España.

[4] IFAPA Rancho de la Merced, Junta de Andalucía, 11471 Jerez de la Frontera, España.

[5] Dpto. de Biología Vegetal y Ecología, UPV/EHU, Leioa, España.

[6] CREA, Centro de Investigación de Viticultura y Enología, 31015 Conegliano, Italia.

[7] IFAPA El Toruño, Junta de Andalucía, 11500, Puerto de Santa María, Cádiz, España.

[8] Dpto. de Genética, Antropología Física y Fisiología Animal, UPV/EHU, Leioa (Bizkaia), España.

[9] IKERBASQUE, Fundación Vasca para la Ciencia, Bilbao, España.

Autor/a: iratxe.zarraonaindia@ehu.eus ; emma.cantos@juntadeandalucia.es

Resumen

La viticultura depende en gran medida de los fitoquímicos para mantener una buena sanidad en los viñedos. Sin embargo, para reducir la acumulación de compuestos químicos, la normativa impulsa el desarrollo de estrategias alternativas respetuosas con el medio ambiente que, al mismo tiempo, puedan fomentar un control eficaz de las plagas y enfermedades sin afectar negativamente a la calidad de la uva y del vino.

En este sentido, las macroalgas han demostrado ser un recurso marino rico en polisacáridos con potencial bioprotector para la planta, representando así una estrategia ecológica para una producción más sostenible. En este trabajo se ha evaluado, por primera vez, la eficacia de *Rugulopteryx okamurae*, para inducir mecanismos de defensa y mejorar la respuesta fisiológica en vid. Esta especie es relevante ya que se trata de un alga invasora en el litoral atlántico y mediterráneo que provoca pérdidas económicas y costes ambientales incalculables.

Se ha caracterizado la composición bioquímica de dos extractos de *R. okamurae*, así como su efecto sobre la variedad *Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo en condiciones de invernadero. Se ha estudiado la respuesta fisiológica e inmunitaria de las vides tras aplicación foliar, mediante el estudio de los polifenoles, las enzimas relacionadas con el estrés oxidativo, y los genes relacionados con la respuesta inmunitaria en hoja. Los resultados preliminares sugieren que el extracto acuoso de *Rugulopterix* induce la sobreexpresión de genes relacionados con los mecanismos de defensa, como las proteínas PR, así como de enzimas relacionadas con el estrés oxidativo y estilbenos. Evidenciar la eficacia de *Rugulopteryx okamurae* como bioestimulante sería un hallazgo de importancia mayor, ya que sería un primer paso para su inclusión en un esquema circular, reduciendo su acumulación en la costa y al mismo tiempo beneficiando al sector vitivinícola.

Palabras clave: Alga invasora, fisiología, genes, estilbenos, sostenibilidad.

INTRODUCCIÓN

Los beneficios de la aplicación agronómica de las macroalgas son numerosos y diversos, como la estimulación de la germinación de las semillas, la mejora de la salud y el crecimiento de las plantas, la mejora de la absorción de agua y nutrientes, la resistencia a las heladas y a la salinidad, el biocontrol y la resistencia a los organismos fitopatógenos y la remediación de los contaminantes del suelo, entre otros (Nabti y col. 2017).

Según la Comisión Europea, los extractos de algas, tanto las macroalgas como las microalgas, representan hasta el 40% del mercado total de bioestimulantes. La estimulación de las defensas naturales de las plantas ha sido atribuida a los polisacáridos existentes en las macro/microalgas, dando lugar a una resistencia sistémica adquirida.

Rugulopteryx okamurae es un alga parda perteneciente a la familia *Dictyotaceae*, originaria de las costas del océano Pacífico noroccidental, cálido y templado, desde donde ha sido introducida al Mediterráneo a través del Estrecho de Gibraltar. Debido a su rápida expansión en diciembre de 2020 fue incluida en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras. Esta especie representa una de las principales amenazas para la biodiversidad en el Mediterráneo (Santana y col., 2022). Por tanto, la valorización de la biomasa de esta alga puede suponer un incentivo para la retirada y aprovechamiento de esta especie. En el proyecto SEAWINES pretendemos evaluar la capacidad bioestimulante de esta alga invasora en vid. Para ello, hemos obtenido y caracterizado dos extractos crudos que fueron aplicados sobre hojas de la variedad *Vitis vinifera* Tempranillo en condiciones controladas de invernadero. Tras su aplicación se ha estudiado la respuesta fisiológica e inmunitaria de las plantas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Elaboración de extractos y caracterización bioquímica. Se recogió *R*. *okamurae* en Algeciras (Cádiz, España). Se realizaron dos extractos sobre el alga liofilizada. El primero (RU1) se realizó con una primera extracción en agua miliQ (70 ºC, 2h, agitación) y sucesiva extracción del residuo con agua:etanol (20:80 v:v). El segundo extracto (RU2) se llevó a cabo de igual manera, pero realizando la segunda extracción del residuo con agua. Se determinaron los siguientes parámetros: cenizas, (por calentamiento 525ºC, 24h), carbohidratos (método del ácido fenol-sulfúrico), proteínas (determinadas a partir del contenido en nitrógeno medido en un analizador elemental CHNS), lípidos (mediante el método de Folch), sulfatos (mediante el protocolo de Bezerra-Torres) y fucoides (mediante el protocolo de Dische).

Material vegetal y ensayo en invernadero. Las plantas de *V*. *vinifera* cv. Tempranillo injertadas sobre portainjertos R-110, se cultivaron en un invernadero en condiciones controladas (fotoperiodo de 16h día/8h noche, 18ºC de Tª). Antes del experimento, las plantas se agruparon al azar en tres lotes (10 plantas/lote), para posteriormente realizar el tratamiento foliar con agua (control negativo), RU1 o RU2 (ambos a 6 g/L) a día 0 y 5 días después. Todos los tratamientos contenían 1% de retenol®.

Análisis de expresión de genes por RT-qPCR. El RNA se extrajo con el Spectrum™ Plant Total RNA kit (Sigma). El cDNA se obtuvo con el High Capacity cDNA RT kit (Applied Biosystems). 15 genes fueron amplificados por PCR usando SsoAdvanced Universal SYBR Green Supermix (Bio-Rad). La expresión diferencial de dichos genes se calculó en base a log2 del $2^{-\Delta\Delta Ct}$ referido a los genes normalizadores PDC, GAPDH y COX y al tratamiento control con agua

Análisis de polifenoles por HPLC. La extracción de polifenoles de las hojas se realizó

siguiendo el método descrito por Kryzaniak y col., (2018). La determinación de polifenoles se realizó mediante HPLC de Waters (Milford, MA, Estados Unidos). Los estilbenos se cuantificaron a 306 nm como resveratrol.

Análisis de pigmentos fotosintéticos y enzimas oxidativas. El contenido en clorofila (verdor) se determinó in situ mediante SPAD y el contenido específico en clorofila a, b y de carotenoides se determinó según Pérez-López y col. (2015). La eficiencia fotoquímica del fotosistema II se midió mediante Fluorómetro (FluorPen FP 100). Se determinaron las actividades de la superóxido dismutasa (SOD), ascorbato peroxidasa (APX), catalasa (CAT) y glutation reductasa (GR), de acuerdo con Pérez-López y col. (2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los extractos obtenidos a partir de *Rugulopterix* (RU1 y RU2) fueron parecidos en cenizas (26-30%), carbohidratos (6,5-9 %), y fucoides (2.9-3.1%), mientras que diferían en proteínas (9,3% y 2,1%), lípidos (4,21 y 8,3 %) y sulfatos (59 y 24 %) para RU1 y RU2, respectivamente, de acuerdo a la solubilidad de los compuestos en etanol y agua (extractantes).

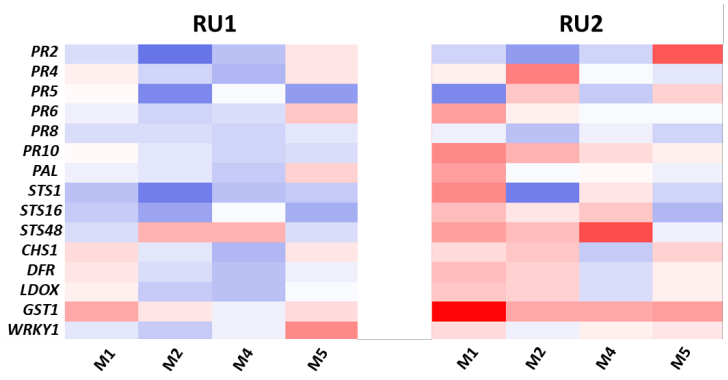


Figura 1. Niveles de transcripción de genes (de -5 en azul a +5 en rojo) relacionados con la defensa en hojas de Tempranillo a las 24 horas (M1 y M4) y 48 horas (M2 y M5) después de cada tratamiento foliar con extractos de *Rugulopterix* (RU1 y RU2) con respecto a las tratadas con agua (tratamiento control).

El contenido en polifenoles fue similar en las hojas tratadas con extractos de *Rugulopterix* con respecto al control con agua, siendo estas del orden de lo descrito en bibliografía (2000-3000, mg/kg peso seco de hoja) (Goufo et al., 2020). Solo las hojas tratadas con RU2, tras 24 horas del primer tratamiento contenían mayor contenido en estilbenos de forma significativa (4,77 y 40,57 mg/kg hoja seca de *trans*-piceido y *trans*-resveratrol respectivamente, 68 y 580 veces más respecto al control). Este resultado concuerda con la inducción de varios genes observada en RU2 en el mismo punto de muestreo (M1, Fig. 1). En ese mismo punto de muestreo, también destaca la sobrexpresión del gen GST1 en RU2, relacionado con la respuesta del estrés oxidativo generado por la activación de ROS, y en RU1, aunque en menor medida. La activación de las proteínas PR, presumiblemente vía ác. salicílico, también se manifiesta principalmente en RU2, en momentos distintos tras la aplicación y según el número de aplicaciones, dependiendo del gen PR estudiado.

Los pigmentos fotosintéticos, los valores de *verdor* y la eficiencia máxima del PSII no se vieron significativamente afectados por los tratamientos. Los niveles de carotenoides aumentaron en ambos tratamientos frente al control, aunque no de forma significativa, estando ligado posiblemente a su función fotoprotectora, y no tanto a su función como captadores de fotones. Respecto al metabolismo oxidativo a nivel enzimático, la actividad GR mostró una tendencia a

incrementar en RU1 y sobre todo en RU2, aunque no de forma significativa. Por el contrario, la actividad APX descendió significativamente respecto al control, tanto en RU1 (63%) como en RU2 (47%). Tanto la actividad SOD como la CAT aumentaron significativamente en RU2 (55% y 50%, respectivamente). Por tanto, el tratamiento RU2 induce la respuesta al estrés oxidativo en vid, la cual se observa tanto en la expresión de genes (GST1) como a nivel enzimático, donde produce la activación de SOD para catalizar la dismutación del radical superóxido generando H_2O_2 que, posteriormente, sería eliminada gracias a la activación de la CAT.

Tabla 1. Pigmentos fotosintéticos y enzimas del metabolismo oxidativo.

	Agua	**RU1**	**RU2**	**Significación**
Clorofila a (mg/g ps)	6,48 (0,45)	7,17 (0,87)	5,67 (0,94)	ns
Clorofila b (mg/g ps)	2,56 (0,15)	3,08 (0,34)	2,37 (0,36)	ns
Carotenoides (mg/g ps)	1,16 (0,16)	1,39 (0,13)	1,59 (0,23)	ns
Cociente Clorofila a/b	2,11 (0,41)	2,32 (0,04)	1,83 (0,30)	ns
φ_{PSII}	0,71 (0,01)	0,72 (0,01)	0,73 (0,01)	ns
Verdor (valores SPAD)	25,76 (0,79)	26,64 (2,15)	24,28 (1,19)	ns
SOD (U/mg prot)	54,59 (6,41) b	62,61 (6,18) b	84,77 (4,26) a	*
APX (µmol/min mg prot)	0,62 (0,07) a	0,23 (0,02) b	0,33 (0,07) b	**
CAT (nmol H_2O_2/min mg prot)	9,38 (1,37) b	13,63 (1,40) a	15,08 (1,40) a	*
GR (nmol NADPH/min mg prot)	185,19 (7,56)	215,24 (52,76)	274,32 (58,64)	ns

ps, peso seco; φ_{PSII}, eficiencia fotoquímica máxima a la luz; SOD, superóxido dismutasa; APX, ascorbato peroxidasa; CAT, catalasa; GR, glutatión reductasa; * indica P menor o igual a 0.05. ** indica P menor o igual a 0.01.

Como conclusión, proponemos el extracto acuoso (RU2) de *Rugulopterix okamurae* como un posible bioestimulante de la vid, ya que afecta a varios genes relacionados con el sistema inmunitario de la planta, aumenta la concentración de estilbenos así como las actividades enzimáticas relacionadas con procesos oxidativos, todo ello relacionado con la respuesta de defensa de la planta, si bien son necesarios más estudios en esta línea.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación es parte del proyecto de I+D+i PID2020-112644RR-C21 y C22 financiado por MCIN/ AEI/10.13039/501100011033/, por FEDER "Una manera de hacer Europa". M. Lacuesta, A. Mena-Petite y U. Pérez-López forman parte del grupo de investigación del sistema universitario Vasco GV IT1682-22.

REFERENCIAS

Goufo, P. y col. 2020. A reference list of phenolic compounds (including stilbenes) in grapevine (*Vitis vinifera* L.). Roots, woods, canes, stems, and Leaves. Antioxidants 9(5):398.

Krzyzaniak Y. y col., 2018. A plant Extract acts both as a resistance inducer and an oomycide against grapevine Downy mildew. Front. Plant Sci. 9:1085.

Nabti. E, Jha. B, Hartmann. A. 2017. Impact of seaweeds on agricultural crop production as biofertilizer. Int. J. Environ. Sci. Technol. 14, 1119–1134.

Pérez-López U, Miranda-Apodaca J, Muñoz-Rueda A, Mena-Petite A. 2015. Interacting effects of high light and elevated CO_2 on the nutraceutical quality of two differently pigmented *Lactuca sativa* (cvs. Blonde of Paris Batavia and Oak Leaf). Sci. Hortic. 191: 38-48.

Santana, I. y col. 2022. Processing and Characterization of Bioplastics from the Invasive Seaweed *Rugulopteryx okamurae*. Polymers 2022, 14, 355.

La poda tardía: una herramienta vitícola de adaptación al cambio climático

E. P. Pérez-Álvarez[1,2] *, A. Martínez-Moreno[2], A. Benítez-Jiménez[3], A. Soriano-Gil[3], M. Parra[2], D.S. Intrigliolo[4]

Afiliación institucional

[1]Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV) (Gobierno de La Rioja-CSIC-Universidad de La Rioja). Ctra. de Burgos, km 6. Finca La Grajera. 26007, Logroño, La Rioja, España.

[2]Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC), Departamento de Riego, Campus Universitario de Espinardo, 30100 Espinardo, Murcia, España

[3]Bodegas Barahonda S.L. Crta. Pinoso, km 3. 30510. Yecla, Murcia, España.

[4]Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE) (CSIC-UV-GVA). Moncada (Valencia). Ctra. Moncada-Nàquera Km 4.5, 46113, Moncada, Valencia, España.

**E.P. Pérez-Álvarez:* evapilar.perez@icvv.es

Resumen

Los largos periodos de temperaturas altas, cada vez más frecuentes, unidos a la escasez hídrica recurrente de las zonas de clima mediterráneo, están acelerando las dinámicas de maduración de los azúcares y los ácidos orgánicos (madurez tecnológica) de las uvas, por lo que el momento de la vendimia se está adelantando. Sin embargo, la fracción fenólica de las uvas evoluciona más lentamente, produciéndose así un desequilibrio entre la madurez tecnológica y la fenólica. Este hecho limita la acidez, el color y el contenido fenólico de los vinos que, no obstante, presentan mayor contenido alcohólico. La poda tardía es una herramienta que consigue retrasar el ciclo vegetativo de la vid, facilitando la vendimia en épocas más frescas y dando más tiempo a la uva a madurar y conseguir una composición glúcido-fenólica equilibrada. El objetivo de este estudio realizado en cepas de la variedad Monastrell (*Vitis vinifera* L.) fue comparar, durante tres añadas, los efectos de dos podas tardías realizadas en primavera, con una convencional de invierno. Hasta el tercer año no se observaron mermas productivas en las cepas podadas tardíamente, mientras que, a igualdad de sólidos totales en las uvas, las de la poda más tardía (realizada 10 días después de que brotaran las yemas) mostraron menor pH que las del resto de los tratamientos, lo que podría afectar a la estabilidad microbiológica de los vinos durante la fermentación. Con los dos tratamientos de poda tardía se obtuvieron vinos con menor contenido alcohólico, acidez total y parámetros de color que los de la poda convencional. Así, si bien las podas tardías consiguieron reducir el grado alcohólico de los vinos, su repercusión en la composición fenólica es aún incierta y debiera igualmente ser valorada.

Palabras clave: Madurez tecnológica, madurez fenólica, Monastrell, equilibrio, calidad.

INTRODUCCIÓN

El incremento de las temperaturas está provocando adelantos en diversas etapas fenológicas de la vid, con períodos de crecimiento y maduración más cortos. De este modo, la maduración tiene lugar durante un período más cálido condicionando la calidad de la uva en el momento de la vendimia (Webb et al., 2008). Las altas temperaturas inducen un mayor almacenamiento de azúcares y potasio en las uvas e incrementan la producción de pepitas, así como una degradación más rápida de los ácidos, principalmente el málico. Esto lleva a que en las uvas se alcancen, antes de lo habitual, valores elevados de potencial alcohólico y de pH

(Jones et al., 2005). Por otro lado, temperaturas superiores a 30ºC disminuyen la síntesis de antocianos, retrasando la madurez fenólica de las uvas (Keller, 2010). Por tanto, los efectos que desencadena el cambio climático en la vid, provocan el desequilibrio de la madurez tecnológica y la fenólica de las uvas, dando lugar a vinos con contenido alcohólico alto, taninos verdes y astringentes y poco color, además de una acidez excesivamente baja (Yuste, 2011). Ante dicho desafío, se están evaluando prácticas agronómicas y enológicas que sean capaces de contrarrestar los efectos del cambio climático en la vid. Una de esas prácticas es la poda tardía que, basándose en el fenómeno de la dominancia apical de las yemas, en las que el desarrollo en las yemas más distales del sarmiento y las yemas situadas en la zona basal del sarmiento queda inhibido por el brote de las yemas distales, se consigue un retraso en la brotación y, consecuentemente, en todo el ciclo productivo, desplazando la vendimia a fechas con temperaturas más templadas. El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficacia de la poda tardía, realizada en primavera, frente a la poda convencional de invierno, como herramienta para acercar la madurez tecnológica y fenólica de las uvas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Descripción del viñedo y del diseño experimental

El ensayo se llevó a cabo entre 2019 y 2021 en un viñedo en secano situado a 558 m.s.n.m, en Yecla (Murcia). Las cepas, de la variedad Monastrell (*Vitis vinifera* L.) injertada sobre 110-R, se plantaron en 1974 con un marco de 2,4 × 2,4 m y sistema de conducción en vaso tradicional, con 3 ó 4 brazos. El suelo presenta textura arcillo-limosa, baja fertilidad y, es altamente calizo. El clima de la zona es mediterráneo continental, caracterizado por escasas precipitaciones anuales y temperaturas elevadas en verano. Los tratamientos ensayados fueron: 1) Control o poda convencional, realizada en invierno; 2) Poda tardía, realizada en el momento de aparición de los primeros brotes de las yemas apicales, correspondiente al hinchado de yemas o estado fenológico B según la escala de Baggliolini y 3) Poda tardía + 10 días, la poda se realizó con un retraso de 10 días respecto a la del tratamiento 2). Se diseñó un experimento con bloques al azar, cada uno de los tratamientos por triplicado y con 8 filas contiguas de cepas.

Vendimia y determinaciones enológicas en uvas y vinos. Análisis estadístico.

En el momento óptimo de maduración, cuando en cada uno de los tratamientos las uvas alcanzaron los 14ºBé, se llevó a cabo la vendimia contando el número de racimos/cepa sobre 20 cepas seleccionadas al azar en cada repetición. La fermentación de la uva se realizó en depósitos de acero inoxidable siguiendo la metodología tradicional de vinos tranquilos de la zona. Una vez finalizada la fermentación en cada uno de los vinos (3 vinos/tratamiento, por tanto, 9 vinos por añada), se determinó el grado alcohólico, la acidez total, el pH, el ácido málico y los índices de polifenoles totales y de color de los vinos. En 2021, dado que la bodega colaboradora no consideraba esta estrategia eficaz, no se elaboraron vinos del tratamiento de poda tardía+10 días. Los datos se analizaron estadísticamente mediante el programa SPSS v.21.0, comparando las diferencias entre las varianzas mediante ANOVA y empleando el test de Duncan para la separación de medias ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las podas se realizaron en las tres campañas alrededor de la misma fecha, si bien, el momento en el que las uvas alcanzaron los 14ºBè, valor considerado óptimo para realizar la

vendimia, difirió entre la primera añada y las dos siguientes (Tabla 1). Esto pudo ser debido a que 2019 fue un año más cálido (temperatura media máxima de 20,1ºC *vs* 19,8 y 19,6ºC, respectivamente). Además, en las tres campañas se observó diferencia en la fecha de vendimia entre la poda convencional y las podas tardías, que alcanzaron ese óptimo madurativo una semana más tarde (Tabla 1).

La merma productiva observada con las podas tardías respecto a la poda convencional no fue significativa hasta la tercera vendimia, disminuyendo también el peso medio de los racimos por cepa (Tabla 2) pero sin alterar el número de racimos por cepa (datos no mostrados). La reducción en la producción como consecuencia de la realización de esta técnica agronómica ha sido descrita también por otros autores (Buesa et al., 2021). Sin embargo, el incremento de la proporción del hollejo respecto a la pulpa que puede ser favorecido al reducirse el peso de las bayas, podría aumentar la calidad de las uvas ya que en los hollejos es donde se encuentran mayoritariamente los compuestos fenólicos.

En relación a los parámetros enológicos generales de las uvas en vendimia, en ninguno de ellos se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en ninguna añada (datos no mostrados), si bien, en 2021, las uvas de la poda tardía+10 días tuvieron que ser vendimiadas antes de que llegaran a los 14 ºBè debido a que se observaron síntomas de podredumbre.

Como se aprecia en la Tabla 3, las podas tardías consiguieron una reducción del grado alcohólico de los vinos, en las tres añadas. Ese menor contenido de azúcares se vio acompañado por una reducción en 2019 del pH con la poda tardía+10días y un aumento con la poda tardía en 2021 respecto a la poda convencional. Además, el ácido málico disminuyó en las tres campañas, siendo únicamente significativa la reducción de la acidez total en 2021 de las uvas de la poda tardía frente a las uvas control (Tabla 3). Por su parte, tanto el índice de polifenoles totales como el índice de color disminuyeron en 2021 con la poda tardía respecto al control.

En conclusión, con la técnica estudiada se consiguió retrasar una semana el ciclo fenológico de las cepas y, a igualdad de contenido de azúcares, aumentar ligeramente los valores de acidez total de las uvas. Sin embargo, en los valores de polifenoles totales y de color de los vinos no se apreció mejoría, si bien en la tercera campaña, se redujo la producción. El estudio pormenorizado de la composición fenólica de los vinos, ayudará a determinar el alcance total de la técnica de la poda tardía.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la Ffinanciación de los Proyectos Vid4Vino (2I18SAE00061) y Nitrogrape (AGL2017-83738-C3-3-R) y a los técnicos de las Bodegas Barahonda.

REFERENCIAS

Buesa, I., Yeves, A., Sanz, F., Chirivella, C., Intrigliolo, D.S. 2021. Effect of delaying winter pruning of Bobal and Tempranillo grapevines on vine performance, grape and wine composition. Aust. J. Grape Wine Res. 27: 94-105.

Jones, G., White, M., Cooper, O., Storchmann, K. 2005. Climate change and global wine quality. Clim Chang. 73:319-343.

Keller, M. 2010. Managing grapevines to optimize fruit development in a challenging environment: a climate change primer for viticulturists. Aust. J. Grape Wine Res. 16: 56-69.

Webb, L.B., Whetton, P.H., Barlow, E.W.R. 2008. Climate change and winegrape quality in Australia. Clim. Res. 36: 99-11.

Yuste, J. 2011. Viticultura ante cambio climático: presente y futuro. Tierras 184: 124-129.

Tablas

Tabla 1.- Fechas de la realización de las podas y la vendimia de cada tratamiento y añada.

		Poda convencional	Poda tardía	Poda tardía +10días
Poda	2019	14 enero	17 abril	29 abril
	2020	15 enero	15 abril	27 abril
	2021	15 enero	19 abril	30 abril
Vendimia	2019	10 octubre	17 octubre	17 octubre
	2020	22 septiembre	28 septiembre	28 septiembre
	2021	24 septiembre	1 octubre	1 octubre

Tabla 2. Parámetros productivos de las cepas de cada tratamiento y añada.

		Poda convencional	Poda tardía	Poda tardía +10días
Producción ($kg \cdot cepa^{-1}$)	2019	3,7	3,3	3,6
	2020	3,9	4,0	3,7
	2021	5,3 b	3,7 a	3,6 a
Peso medio del racimo (g)	2019	290,4	260,9	271,5
	2020	344,6	331,1	358,4
	2021	318,9 b	218,5 a	219,6 a

Los valores representan las medias (n = 3). Dentro de cada año, para cada parámetro, letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos tras la aplicación del ANOVA y test posthoc de Duncan ($p \leq 0.05$)

Tabla 3. Composición enológica de los vinos de cada tratamiento y añada.

		Poda convencional	Poda tardía	Poda tardía +10días
Alcohol (% vol)	2019	15,5 c	15,1 b	14,8 a
	2020	14,9 b	15,2 b	14,4 a
	2021	15,3 b	14,5 a	-
pH	2019	3,7 b	3,7 b	3,6 a
	2020	3,6	3,6	3,6
	2021	3,8 a	3,9 b	-
Ácido málico ($g \cdot L^{-1}$)	2019	1,4 ab	1,5 b	1,4 a
	2020	1,7 b	1,4 a	1,5 a
	2021	1,2 a	1,3 b	-
Acidez total ($g \cdot L^{-1}$ tartárico)	2019	6,1	5,9	6,0
	2020	6,6	6,6	6,5
	2021	6,2 b	5,5a	-
IPT (UA)	2019	39,7	42,2	43,1
	2020	47,8	44,9	42,6
	2021	70,4 b	56,1a	-
Índice de color (UA)	2019	6,7 a	8,2 b	6,9 a
	2020	6,1	6,3	5,6
	2021	8,6 b	6,2 a	-

Los valores representan la media (n=3). Dentro de cada año, para cada parámetro, letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$). -IPT: Índice de Polifenoles totales; UA: Unidades de absorbancia.