



36º REUNIÓN

**GRUPO DE TRABAJO
EXPERIMENTACIÓN EN
VITICULTURA Y ENOLOGÍA**

.....

**SALÓN DE ACTOS DE LA BODEGA
INSTITUCIONAL DE LA GRAJERA**

Logroño (La Rioja)

24 y 25 de abril de 2024



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



36º REUNIÓN

GRUPO DE TRABAJO
**EXPERIMENTACIÓN EN
VITICULTURA Y ENOLOGÍA**

.....

**SALÓN DE ACTOS DE LA BODEGA
INSTITUCIONAL DE LA GRAJERA**

Logroño (La Rioja)

24 y 25 de abril de 2024



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN

2024

Título:

36º Reunión del Grupo de Trabajo de Experimentación en Viticultura y Enología (GTEVE).

Edita:

© Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones.

Unidad proponente:

Dirección General de la Industria Alimentaria.
Subdirección General de de la Calidad Alimentaria y Laboratorios Agroalimentarios.

Diseño y maquetación:

Centro de Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

NIPO línea: 003-25-092-4

Tienda online:

www.mapa.gob.es
<https://servicio.mapa.gob.es/tienda/>

e-mail:

centropublicaciones@mapa.es

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:

<https://cpage.mpr.gob.es/>

Para contribuir a la protección del medio ambiente, se recomienda imprimir esta publicación únicamente si es estrictamente necesario, ya sea en su totalidad o en parte.

ÍNDICE

PRÓLOGO	5
PROGRAMA	7
RELACIÓN DE ASISTENTES	9
TRABAJOS PRESENTADOS.....	15
VITICULTURA	17
ENOLOGIA	187

PRÓLOGO

Durante los días 24 y 25 de abril de 2024 se ha celebrado, en el Salón de Actos de la Bodega Institucional de La Grajera, la 36ª Reunión del Grupo de Experimentación en Viticultura y Enología (GTEVE), organizada por la Consejería de Agricultura, Ganadería, Mundo Rural y Medio Ambiente de La Rioja en coordinación con la Subdirección General de Control de la Calidad Alimentaria y de Laboratorios Agroalimentarios del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y con la participación y colaboración del Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino.

Las reuniones del GTEVE vienen desarrollándose de forma anual desde 1988, siendo únicamente interrumpidas por la pandemia de Covid. En esta edición han participado cerca de setenta investigadores de centros públicos, estaciones enológicas y departamentos universitarios vinculados al campo de la viticultura y la enología, procedentes de Andalucía, Castilla-La Mancha, Castilla y León, Cataluña, Galicia, Madrid, Murcia, Navarra, Valencia y La Rioja.



Salón de actos de La Grajera



Foto grupal visita Bodegas Beronia



36º REUNIÓN

GRUPO DE TRABAJO
EXPERIMENTACIÓN EN
VITICULTURA Y ENOLOGÍA



La Rioja

La recepción a los asistentes al GTEVE tuvo lugar la tarde del día 23 en el calado del Centro de la Cultura del Rioja, en Logroño, donde la Consejera de Agricultura, Ganadería, Mundo Rural y Medio Ambiente, dio la bienvenida a los asistentes. A la Consejera le acompañaron la Directora General de Agricultura y Ganadería, María Jesús Miñana, el coordinador del gtEVE, Félix Cibrián, así como el Presidente del Consejo Regulador de la Denominación de Origen Calificada Rioja, Fernando Ezquerro, y el Director Técnico del mismo, Pablo Franco, que ofreció una ponencia sobre los retos y el futuro del Rioja.

Durante las dos jornadas de trabajo se presentaron y debatieron veintiocho trabajos relacionados con variedades minoritarias de vid, estudios y selección clonal, técnicas de adaptación al cambio climático, estado hídrico de la vid, nuevas metodologías de elaboración de vinos con menor graduación alcohólica, estudios sobre las levaduras no *Saccharomyces*, maceración con hollejos en vinos blancos, vinos de humo, protección de heridas de poda, gestión de residuos de poda, efectos de los residuos fitosanitarios en el suelo, control de fraudes, últimas resoluciones de la OIV.

En el marco del encuentro técnico, se ha programó también una visita a los viñedos y a las instalaciones de Bodegas Beronia, que ofreció a los participantes una cata de sus vinos más representativos y singulares.

PROGRAMA

23 de abril de 2024

19:00 – 20:30. Recepción de asistentes en el Centro de la Cultura del Rioja, CCR (Logroño).

24 de abril de 2024

08.30. Recogida de asistentes en Logroño y traslado a la Finca de La Grajera

09:00 – 09:15. Entrega de documentación.

09:15 – 09:30. Inauguración de las jornadas.

09:30 – 11:00. Sesiones técnicas.

11:00 – 11:30. Pausa - café.

11:30 – 13:30. Sesiones técnicas.

13:30 – 14:30. Desplazamiento a Bodegas Beronia (Ollauri).

14:30 – 16:30. Comida en Bodegas Beronia.

16:30 – 18:00. Visita a Bodegas Beronia.

18:00 – 19:30. Visita a viñedos de Bodegas Roda.

19:30 – 20:30. Regreso a Logroño.

25 de abril de 2024

08.30. Recogida de asistentes en Logroño y traslado a la Finca de La Grajera

09:30 – 11:00. Sesiones técnicas.

11:00 – 11:30. Pausa - café.

11:30 – 14:00. Sesiones técnicas y conclusiones

14:00 – 15:30. Comida-picoteo, con cata de vinos experimentales y despedida de asistentes.

RELACIÓN DE ASISTENTES

ABARQUERO, ESTER
ESTACIÓN DE VITICULTURA Y ENOLOGIA DE GALICIA
ester.abarquero@gmail.com

ALAHÓN SÁNCHEZ, NOELIA
Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV)
noelia.alanon@icvv.es

BAROJA HERNÁNDEZ, EISA
ICVV
ebaroja@larioja.org

BENITO SÁEZ, SANTIAGO
Universidad Politécnica de Madrid
santiago.benito@upm.es

BLANCO CAMBA, PILAR
Estación de Viticultura e Enología de Galicia (Evega-Agacal)
pilar.blanco.camba@xunta.gal

CASANOVA, ARÁNZAZU
EVENA
aranzazu.casanova.armendariz@navarra.es

CHACÓN VOZMEDIANO, JUAN LUIS
Instituto de la Vid y el Vino de Castilla-La Mancha (IVICAM)
jlchacon@jccm.es

CIBRIÁIN SABALZA, JOSÉ FÉLIX
Evena
jf.cibriain.sabalza@navarra.es

DIAZ LOSADA, EMILIA
EVEGA- ESTACION DE VITICULTURA Y ENOLOGIA DE GALICIA
emilia.diaz.losada@xunta.gal

DOMINGO GUSTEMS, CARME
Institut Català de la Vinya i el Vi
carme.domingo@gencat.cat

ELORDUY VIDAL, XOÁN
Institut Català de la Vinya i el Vi (INCAVI)
xoan.elorduy@gencat.cat



ERDOZAIN MONREAL, RAQUEL
EVENA
raquelerdozain99@gmail.com

ESPINOSA ROLDÁN, FRANCISCO EMMANUEL
Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA)
franciscoemmanuel.espinosa@madrid.org

FERNÁNDEZ LESAGA, ANA
EVENA
ana.fernandez.lesaga@navarra.es

GALÁN RUBIO, ÁLVARO
ICVV
agalan@larioja.org

GARCÍA DÍAZ, ANDRÉS
IMIDRA
andres.garcia.diaz@madrid.org

GARCÍA SOLER, JULIO
Estación Experimental Agraria de Elche
garcia_julsol@gva.es

GARCÍA-ESCUADERO DOMÍNGUEZ, ENRIQUE
Jubilado
vitis.garcia@gmail.com

GARIJO JIMÉNEZ, PATRI
ICVV Servicio de Investigación Agraria de la CAR
pgarijo@larioja.org

GOGORCENA OLLETA, ANDREA
Evena (Estación de Viticultura y Enología de Navarra)
andrea.gogorcena.olleta@navarra.es

GONZÁLEZ GARCÍA, RAMÓN
ICVV
rgonzalez@icvv.es
GONZÁLEZ LÁZARO, MIRIAM
Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino ICVV
miriam.gonzalez@icvv.es

GRAMAJE PÉREZ, DAVID
Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV)
david.gramaje@icvv.es



36º REUNIÓN

GRUPO DE TRABAJO
EXPERIMENTACIÓN EN
VITICULTURA Y ENOLOGÍA



La Rioja

GRAU BELLA, CLAUSTRE
INCAVI
claustre.grau@gencat.cat

GUTIÉRREZ VIGUERA, ANA ROSA
ICVV
ana-rosa.gutierrez@unirioja.es

HERCE PASTOR, ERICA
ICVV
erika131180@hotmail.com

IBÁÑEZ, JAVIER
Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino
javier.ibanez@icvv.es

IBÁÑEZ PASCUAL, SERGIO
ICVV-Gobierno de La Rioja
sibanezp@larioja.org

IÑIGUEZ CRESPO, MONTSE
Jubilada Enologica de Haro
monseharo@gmail.com

JIMENO MENDOZA, KARMELE
EVENA
mc.jimeno.mendoza@navarra.es

LARREINA MANZANARES, BEATRIZ
ICVV
bealarreina_84@hotmail.com

LÓPEZ LLARÍA, DIEGO
DGAG - La Rioja
dlopez32@tragsa.es

LÓPEZ MARTÍN, ROSA
Jubilada DGAG
rlopezma2@gmail.com

LÓPEZ-RITUERTO, EVA
ESTACIÓN ENOLÓGICA DE HARO
elrituerto@larioja.org



36º REUNIÓN

GRUPO DE TRABAJO
EXPERIMENTACIÓN EN
VITICULTURA Y ENOLOGÍA



MARTÍN RUEDA, IGNACIO
Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino
ignacio.martin@icvv.es

MARTINEZ GARCIA, JUANA
ICVV
jmartinezg@larioja.org

MARTÍNEZ GARCÍA, RAMÓN
IMIDA
ramon.martinez8@carm.es

MARTÍNEZ GASCUEÑA, JESÚS
Instituto de la Vid y el Vino de Castilla-La Mancha (IVICAM)
jmartinezg@jccm.es

MARTÍNEZ ZAPATER, JOSÉ MIGUEL
Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino
zapater@icvv.es

MELÉNDEZ ÁLVAREZ, ELENA
Estación Enológica de Haro
emelendez@larioja.org

MENA MORALES, ADELA
IVICAM-IRIAF
amenam@jccm.es

MORALES CALVO, PILAR
ICVV
pilar.morales@icvv.es

MURILLO PEÑA, REBECA
ICVV
rebeca.murillo@icvv.es

PADILLA MARTÍNEZ, CARLOS
IMIDA
carlosv.padilla@carm.es

PEDRÓN SORIANO, SUSANA
Instituto Tecnológico de Viticultura y Enología
pedron_sus@gva.es

PÉREZ ÁLVAREZ, EVA PILAR
Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV)
evapilar.perez@icvv.es



36º REUNIÓN

GRUPO DE TRABAJO
EXPERIMENTACIÓN EN
VITICULTURA Y ENOLOGÍA



PÉREZ SOTÉS, JOSÉ LUIS

ICVV_ La Rioja

jlpsotes@gmail.com

PORTU REINARES, JAVIER

Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (Gobierno de La Rioja - CSIC - Universidad de La Rioja)

javier.portu@icvv.es

PUERTAS GARCÍA, BELÉN

IFAPA Rancho de la Merced

mariab.puertas@juntadeandalucia.es

REDONDO ALBERDI, ELENA

ICVV

eredondo@larioja.org

RIVACOBIA, LUIS

Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV)

lrivacoba@larioja.org

ROLDÁN CONTRERAS, MANUEL

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

mroldanc@mapa.es

RUEDA DIEZ, ALFREDO

Sección de Viticultura y Enología - EVENA, Gobierno de Navarra

aruedadi@navarra.es

SÁENZ DE URTURI, ITZIAR

ICVV

itziarsdeu@gmail.com

SAGÜÉS SARASA, ANA

Sección de Viticultura y Enología EVENA G Navarra

asaguess@navarra.es

SANTAMARÍA AQUILUÉ, PILAR

ICVV

psantamaria@larioja.org

SANTAMARÍA DÍAZ, LAURA

I.C.V.V.

lsantamaria@larioja.org

SARRIES, JUDIT

Evena

judit.sarries.sarries@navarra.es



SERRANO PARRA, A. SERGIO

Instituto Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario y Forestal de Castilla-La Mancha (IRIAF)

sergio.serrano@uclm.es

SOTÉS RUIZ, VICENTE

Universidad Politécnica de Madrid

vicente.sotes@upm.es

TORRES DÍAZ, LESLY LAURA

lesly.torres@icvv.es

TRIGO CÓRDOBA, EMILIANO

EVEGA-AGACAL

emiliano.trigo.cordoba@xunta.gal

UGARTE ANDREVA, JAVIER

Gobierno de La Rioja

jugarte@larioja.org

USOZ PÉREZ, MARTA

Evena (Estación de Viticultura y Enología de Navarra)

marta.usoz.perez@navarra.es

VÁZQUEZ ARIAS, ANXO

EVEGA - Estación de Viticultura e Enoloxía de Galicia

anxo.vazquez.arias@xunta.gal

VILANOVA DE LA TORRE, MAR

Instituto de ciencias de la Vid y del Vino - ICVV

mar.vilanova@csic.es

YUSTE BOMBIN, JESÚS

ITACYL yusbomje@itacyl.es

36º REUNIÓN

GRUPO DE TRABAJO
**EXPERIMENTACIÓN EN
VITICULTURA Y ENOLOGÍA**

.....

TRABAJOS PRESENTADOS

36º REUNIÓN

GRUPO DE TRABAJO
**EXPERIMENTACIÓN EN
VITICULTURA Y ENOLOGÍA**

VITICULTURA

La superficie de conductancia (CS): una métrica potencialmente útil para la evaluación del comportamiento estomático de la vid

A. Sergio Serrano^{1,2}, Jesús Martínez¹, Juan Luis Chacón¹

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. de Ingeniería Agronómica y de Montes y Biotecnología, Universidad de Castilla-La Mancha, Avda. de España s/n, 02071 Albacete, España.

Resumen

En el contexto del cambio climático es de vital importancia conocer cómo responden desde la perspectiva del uso del agua los diferentes cultivares de vid frente a la restricción hídrica. Sin embargo, hoy en día nos encontramos con la ausencia de métricas genuinamente efectivas para caracterizar con fidelidad su comportamiento estomático. Esta carencia ha motivado el desarrollo de una novedosa métrica denominada superficie de conductancia (CS). Dicha metodología recientemente publicada considera simultáneamente los efectos de la sequía del suelo y la sequedad hoja-aire sobre la conductancia estomática, permitiendo disponer de una visión cuantitativa de la conductancia estomática global. Conocer la estrategia que cada cultivar adopta para responder a la sequía resulta esencial para mejorar el manejo del riego, así como para decidir su cultivo en una determinada zona, dependiendo de la disponibilidad hídrica y las condiciones edafoclimáticas.

1. Introducción

Recientemente, Serrano y *col.* (2024) han empleado varios métodos alternativos para evaluar el comportamiento en el uso del agua de diferentes cultivares de vid, considerando tanto la regulación del potencial hídrico como el control estomático. Para este último propósito, han desarrollado una nueva métrica, denominada superficie de conductancia (CS). Esta metodología emplea una función exponencial que relaciona la apertura estomática con dos variables clave: la demanda de agua atmosférica y la disponibilidad de agua en el suelo (Buckley, 2005; Rogiers y *col.*, 2012). A diferencia de la mayoría de estudios previos sobre respuestas estomáticas en la vid, la CS utiliza el déficit de presión de vapor hoja-aire (VPD_L) en lugar del VPD puramente atmosférico, un parámetro considerado más preciso para evaluar el balance hídrico en las plantas (Grossiord y *col.*, 2020), dado que la temperatura de la hoja generalmente difiere de la temperatura ambiente. Estas características, entre otras, hacen que la métrica CS sea especialmente interesante, por representar de forma más precisa el comportamiento de la vid en comparación con otras previamente utilizadas en la literatura científica.

2. Material y Métodos

El estudio se desarrolló en las parcelas experimentales del Instituto de la Vid y el Vino de Castilla-La Mancha (IVICAM-IRIAF), Tomelloso (Ciudad Real), durante los veranos de 2021 y 2022. A lo largo de sucesivos ciclos de hidratación-secado del suelo, se realizaron entre 70 y 80



medidas de potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{pd}), conductancia estomática (g_s) y déficit de presión de vapor hoja-aire (VPD_L), en los cultivares Chardonnay, Macabeo y Tinto Velasco. A partir de los datos de estas tres variables, se ajustó una función exponencial, la superficie de conductancia (CS), cuya ecuación es (1):

$$g_s = f(\Psi_{pd}, VPD_L) = ae^{-0.5 \left[\left(\frac{\Psi_{pd} - \Psi_{pd0}}{b} \right)^2 + \left(\frac{VPD_L - VPD_{L0}}{c} \right)^2 \right]} \quad (1)$$

Como puntos característicos de la CS se calcularon la g_{s-max} de la función, además del VPD_{L-max} y Ψ_{pd-min} para una $g_s = 0.05 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Se consideró conductancia efectiva (g_{es}) aquella mayor a $0.05 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, ya que por debajo de este umbral la fotosíntesis disminuye en gran medida y empiezan a predominar las limitaciones no estomáticas (Medrano y col., 2002). A partir de la doble integración de (1) a lo largo del dominio de la función, se calculó el volumen encerrado bajo la superficie, denominado volumen bajo la superficie de conductancia (VUCS), el cual proporciona una visión cuantitativa de la conductancia estomática global.

3. Resultados

Se obtuvieron superficies de conductancia cuyas formas diferían notablemente entre cultivares (**Fig. 1**), reflejando diferencias en los parámetros característicos relativos al comportamiento estomático (**Tabla 1**). Macabeo exhibió la g_{s-max} más elevada ($0.30 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), mientras que Chardonnay y Tinto Velasco mostraban valores inferiores y semejantes entre sí ($0.26 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Considerando los valores de $\Psi_{pd-min-0.05}$, Tinto Velasco reaccionaba de forma muy precoz a la sequía del suelo, ya que su g_{es} cesaba en el rango del estrés leve ($\Psi_{pd-min-0.05} = 0.25 \text{ MPa}$). Por el contrario, Chardonnay y Macabeo mostraban valores de $\Psi_{pd-min-0.05}$ inferiores a -0.65 MPa , por lo que su g_{es} se mantenía hasta mayores niveles de sequía en el suelo, cerca del estrés severo. Además, considerando la sequedad hoja-aire, la g_{es} de Macabeo se mantenía también hasta elevados niveles ($VPD_{L-max-0.05} = 7.54 \text{ kPa}$). En conjunto, los elevados valores en los citados parámetros de la CS, posibilitaron que la g_s global de Macabeo fuese la más elevada entre los tres cultivares ($VUCS = 0.44 \text{ MPa kPa mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), lo que denotaba una baja regulación estomática y por tanto un comportamiento anisohídrico. Contrariamente, los bajos valores de VUCS mostrados por Tinto Velasco ($0.10 \text{ MPa kPa mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), indicaban un comportamiento más próximo a la isohidria.

4. Conclusiones

Este trabajo ha puesto de manifiesto la utilidad de la nueva métrica desarrollada por Serrano y col. (2024) para la evaluación del comportamiento estomático de los cultivares de vid. Macabeo fue el cultivar que mostró un comportamiento estomático más anisohídrico ya que, en conjunto, su conductancia estomática era la más elevada. En el extremo contrario se posicionó Tinto Velasco, cuya productividad podría verse comprometida incluso bajo elevada disponibilidad hídrica, debido a su comportamiento isohídrico.



5. Bibliografía

1. Buckley, T.N. 2005. **The control of stomate by water balance**. N. Phytol. 168 275 – 292
2. Grossiord, C.; Buckley, T.N.; Cernusak, L.A.; Novick, K.A.; Poulter, B.; Siegwolf, R.T.W.; Sperry, J.S.; McDowell, N.G. 2020. **Plant responses to rising vapor pressure deficit**. N. Phytol.
3. Medrano, H.; Escalona, J.M.; Bota, J.; Gulías, J.; Flexas, J. 2002. **Regulation of photosynthesis of C3 Plants in response to progressive drought: stomatal conductance as a reference parameter**. Ann. Bot. 89 895 – 905
4. Rogiers, S.Y.; Greer, D.H.; Hatfield, J.M.; Hutton, R.J.; Clarke, S.J.; Hutchinson, P.A.; Somers, A. 2012. **Stomatal response of an anisohydric grapevine cultivar to evaporative demand, available soil moisture and abscisic acid**. Tree Physiol. 32 249 – 261
5. Serrano, A.S.; Martínez-Gascueña, J.; Chacón-Vozmediano, J.L. 2024. **Variability in water use behavior during drought of different grapevine varieties: Assessment of their regulation of water status and stomatal control**. Ag. Wat. Man. 291 108642

Tablas y Figuras

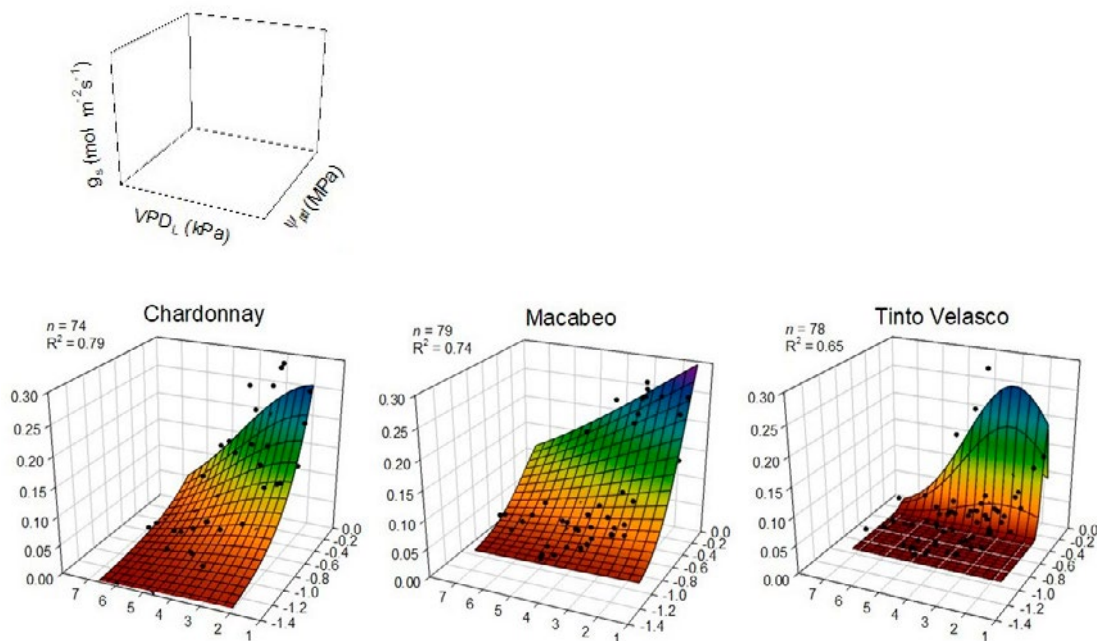


Fig. 1. Superficie de conductancia (CS) obtenida para cada cultivar. Ajustes significativos al menos para $p < 0.05$.



Tabla 1. Parámetros característicos de la CS en los diferentes cultivares.

	g_{s-max} ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	$\Psi_{pd-min-0.05}$ (MPa)	$VPD_{L-max-0.05}$ (kPa)	VUCS (MPa kPa $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
Chardonnay	0.26	-0.77	6.61	0.31
Macabeo	0.30	-0.66	7.54	0.44
Tinto Velasco	0.26	-0.25	6.17	0.10

Comportamiento agronómico y enológico de 4 genotipos minoritarios de uva blanca cultivados en condiciones semi-áridas en Castilla-La Mancha

Adela Mena-Morales¹, Pedro M. Izquierdo-Cañas¹, Juan Luis Chacón Vozmediano¹, Esteban García-Romero¹, Jesús Martínez-Gascuña¹

Instituto Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario y Forestal de Castilla-La Mancha, IRIAF-IVICAM, Ctra. Toledo-Albacete s/n 13700 Tomelloso (Ciudad Real). 926 275773. amenam@jccm.es

Resumen

La viticultura actual afronta desafíos fundamentales, con la pérdida de diversidad y el impacto del cambio climático como puntos destacados. Preservar la diversidad varietal se presenta como una solución clave posibilitando la exploración de rasgos (fenológicos, agronómicos, enológicos, respuestas a la falta de agua, etc.) que permitan adaptar mejor el cultivo a las nuevas condiciones climáticas. En Castilla-La Mancha, extensos trabajos de prospección permitieron la identificación y recuperación de varias decenas de genotipos de vid. La conservación de este material en una única parcela, ubicada en el centro de la región, facilitó la evaluación comparativa de su comportamiento en condiciones climáticas semiáridas durante el trienio 2019-2021. En el presente trabajo se detallan aspectos sobre la fenología, la fertilidad, los componentes del rendimiento, el estado hídrico y los parámetros enológicos de los vinos de los genotipos de uva blanca: Albillo de Pozo, Castellana Blanca, Maquías y Zurieles. Los resultados revelan, como cabía esperar, que no todos los genotipos responden igual a las mismas condiciones de cultivo: las diferencias se extienden desde la duración de las distintas etapas del ciclo vegetativo y la fertilidad hasta el perfil sensorial de los vinos detectables por cata.

1. Introducción

La vid es considerada una especie tolerante a la sequía, extendiéndose su cultivo de forma tradicional por zonas de clima mediterráneo, o de clima relativamente templado. Tanto la antigüedad del cultivo como la capacidad adaptativa de la especie han favorecido su amplia distribución y han originado una gran riqueza varietal a lo largo de la historia. Sin embargo, desde mediados del siglo XIX, diferentes causas han contribuido significativamente a la reducción en la diversidad varietal, lo que ha llevado al desarrollo de proyectos de prospección y recuperación de genotipos de vid en distintas zonas vitícolas en las últimas décadas. Los motivos que impulsan esta recuperación son variados, incluyendo la exploración del potencial de adaptación de los distintos genotipos a factores externos abióticos, como los desencadenados por el cambio climático.

El cambio climático supone otra importante amenaza para la viticultura actual. Si bien un moderado estrés hídrico en determinados momentos del ciclo mejora la calidad de las bayas y, por ende, la del vino, episodios de calor extremo y sequía prolongados pueden ser perjudiciales, tanto para el rendimiento como para la calidad de la uva. No obstante, cabe esperar que no todas las variedades de vid se vean afectadas por la sequía de la misma manera, y explorar dicha variabilidad para la localización de genotipos más adaptados puede dotarnos de una buena herramienta para adaptar el cultivo al cambio climático.



El estudio del comportamiento de las variedades frente al cambio climático se puede realizar mediante diferentes indicadores. Algunos, que son de índole agronómica y/o enológica, están relacionados con el cultivo, mientras que otros, como el estado hídrico de las plantas, están vinculados al comportamiento fisiológico bajo condiciones ambientales específicas.

La relación isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) de los azúcares del mosto, se ha demostrado que está estrechamente relacionada con las condiciones de estrés hídrico que se producen a lo largo del ciclo, particularmente en el periodo de envero a madurez (vendimia) (Santesteban et al., 2015). Cuando las vides experimentan déficit hídrico, el cierre estomático se incrementa y, como consecuencia la relación $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ aumenta, esto se debe a una menor discriminación del ^{13}C al verse impedida su difusión a través de los estomas (Farquhar et al., 1982).

En Castilla-La Mancha, amplios trabajos de prospección permitieron la identificación y recuperación de varias decenas de genotipos de vid, que en la actualidad se conservan en una única parcela, ubicada en el centro de la región. Esta circunstancia, permite la realización de trabajos como éste con el que se pretende evaluar aspectos sobre la fenología, la fertilidad, los componentes del rendimiento, el estado hídrico y los parámetros enológicos de los vinos de los genotipos de uva blanca: Albillo de Pozo, Castellana Blanca, Maquías y Zurielles, cultivados en condiciones climáticas semiáridas.

2. Material y Métodos

Durante tres años consecutivos (2019, 2020 y 2021) se estudiaron 4 genotipos: Albillo de Pozo, Castellana Blanca, Maquías y Zurielles, localizados en diferentes lugares de Castilla-La Mancha (Mena, 2013). El material vegetal de estos genotipos, junto con el de la variedad Moscatel de Grado Menudo utilizada como referencia, se conserva en una parcela plurivarietal perteneciente a la Colección de Variedades de Vid de Castilla-La Mancha (CVVCLM), ubicada en el IRIAF, en Tomelloso, Ciudad Real (39°10'15'' N y 03°00'16'' O). Las variedades se encuentran injertadas sobre patrón Fercal y se disponen en filas de 50 cepas (1 fila por variedad), orientadas en dirección 30°NE - 210°SO. El marco de plantación es de 2,8 x 1,2 m y la formación en cordón royat bilateral, dejándose en la poda 3/4 pulgares de 2 yemas vistas por brazo.

La parcela está situada en la parte distal del gran abanico aluvial del alto Guadiana, sobre un suelo Petricalcic Calcixercept (clasificación suelos USDA) de textura franco arenosa. El horizonte petrocálcico, por debajo de los primeros 30 cm de la superficie del suelo, puede superar el metro de espesor y es absolutamente impenetrable para las raíces, condicionando el cultivo.

Esta zona se caracteriza por un clima mediterráneo continental, con una gran amplitud térmica anual, inviernos fríos con frecuentes heladas, que se prolongan desde finales de otoño hasta principios de primavera, y veranos con temperaturas máximas en julio y agosto que superan los 40°C. Las precipitaciones anuales promedio se sitúan en torno a los 350 mm. En la **Tabla 1** se recogen datos concretos de la precipitación (P) registrada, así como algunos índices vitícolas para el trienio objeto de estudio, que se calcularon utilizando los datos de la estación meteorológica del Servicio Integral de Asesoramiento al Regante de Castilla-La Mancha (SIAR), situada en la localidad de Argamasilla de Alba, a 12 km de la parcela de cultivo. Por un lado, se calculó la integral térmica eficaz, también conocida como GDD (*Growing Degree Days*):



$$GDD = [((T_{max} - T_{min}))/2] - T_{base}$$

Donde, T_{max} es la temperatura máxima diaria, T_{min} , la mínima y T_{base} es una temperatura de referencia que varía entre especies, cultivos y estado de crecimiento, y que en este caso se ha considerado $T_{base} = 10^{\circ}\text{C}$.

También, se calculó el índice de frescor nocturno (CI, *Cold Index*), como la temperatura media de las mínimas diarias durante el último mes de la maduración, que variará dependiendo de la variedad. En este caso, se calcula tomando el mes de agosto, como promedio para todos los genotipos.

Por último, 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:

$$W = W_0 + P - T_v - E_s$$

Donde, W_0 es la reserva inicial de agua en el suelo, P es la precipitación, T_v es la transpiración potencial en el viñedo y E_s es la evaporación directa desde el suelo, calculada la Evapotranspiración Potencial (ETP) según Thornthwaite (Almorox, 2008).

Tabla 1. Datos climáticos calculados para los años agronómicos de estudio.

Datos climáticos	2018-19	2019-20	2020-21	Promedio
$P_{\text{Oct-sept}}$ (mm)	315,8	350,3	340,2	335,4
$GDDs_{\text{Abr-sept}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	2.131,0	2.176,2	2.180,5	2.162,6
$DI_{\text{Abr-sept}}$ (mm)	-169,27	-136,39	-149,47	-151,71
$CI_{\text{maduración}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	17,61	18,21	19,08	18,30

Cada año, se determinaron para cada genotipo los estados fenológicos más representativos: brotación, floración, envero y maduración-madurez tecnológica. Las fechas concretas se asignaron cuando el 50% de las yemas de 10 cepas/genotipo dejadas en la poda o, en su caso, de los racimos presentes en sus pámpanos, alcanzaban cada etapa excepto para la madurez, cuya fecha hicimos coincidir con la madurez tecnológica (vendimia): cuando las uvas alcanzaban unos 11,5/12 $^{\circ}\text{Baumé}$. La fertilidad se evaluó antes de realizar la poda en verde, utilizando el descriptor OIV-153: número de inflorescencias por brote.

Los componentes del rendimiento se midieron en el momento de las vendimias de cada año de estudio, sobre las 10 cepas mencionadas: producción, número y peso de los racimos y peso de la baya (6 muestras de 100 bayas obtenidas del total de los racimos). Otros parámetros como el peso de la madera de poda y la relación de éste con la producción o Índice de Ravaz (IR) se determinaron una vez concluido el ciclo.

La medida de la relación isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) se realizó con un espectrómetro de masas de relación isotópica, IRMS, Delta V Advantage, 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 $\delta^{13}\text{C}$ ‰ con respecto a la de una referencia internacional VPDB (Viena Pee Dee Belemnite):

$$\delta^{13}\text{C}_{\text{sample}} (\text{‰}) = [(R_s/R_{st}) - 1] \times 1000$$

donde R_s , es la relación $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ de la muestra, y R_{st} es la relación de la referencia.

La valoración enológica se realizó cada añada mediante una evaluación físico-química y organoléptica de los vinos (2 por genotipo). Se hicieron las vinificaciones (100 kg de uva por replicado) siguiendo un sistema de vinificación en blanco estándar, con estrujado y prensado ligero, adición de levadura FERMOL super 16 y mantenimiento de temperatura a 18°C. Los parámetros físico-químicos habituales en mostos y vinos se analizaron de acuerdo con los métodos oficiales (OIV, 2019). Los vinos fueron evaluados por un panel entrenado de catadores que utilizó la ficha de cata homologada por la OIV, por la que se rigen muchos concursos internacionales. Los descriptores presentes en ella se valoran de excelente a insuficiente en las diferentes fases de cata: vista, olfato y gusto. Cada una de estas valoraciones se corresponde con una cifra diferente que, en conjunto, en caso de que en todas se logre la máxima, la suma alcanza un valor de 100 puntos.

El estudio estadístico de los resultados se realizó para las medias de los tres años de estudio de cada genotipo, mediante análisis de varianza ANOVA, y cuando aparecían diferencias significativas ($p < 0,05$) se utilizó el test de Duncan para separar medias.

3. Resultados

Las fechas promedio de los tres años de seguimiento para los principales estados fenológicos así como la duración del ciclo de los 5 genotipos estudiados se representan en la **Figura 1**. Se observaron ligeras diferencias entre los distintos genotipos, siendo Zurieles el más tardío tanto en brotar como en completar el resto de estados fenológicos, si bien, tales diferencias sólo resultaron estadísticamente significativas para la fecha de madurez (vendimia). También, se observaron diferencias en la duración del ciclo, resultando la variedad de referencia Moscatel de Grano Menudo, la que con una maduración más temprana, mostró el ciclo más corto, 126 días. En el otro extremo y con una diferencia de 17 y 16 días más en la duración del ciclo que Moscatel, encontramos a Castellana Blanca y Maquías, respectivamente, resultando esta última, la más temprana en brotar.

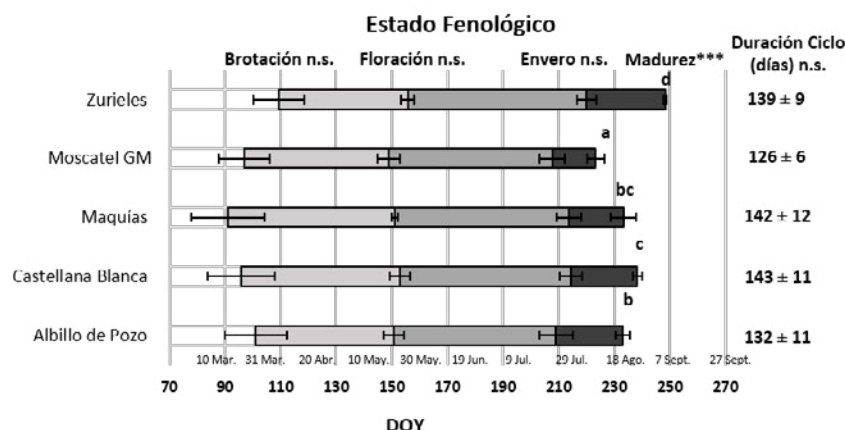


Fig. 1. Duración y fecha de cada estado fenológico para los diferentes genotipos. Las barras son la media de los 3 años y las barras de error la desviación estándar. La duración del ciclo en días, muestra la desviación estándar del valor medio. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre genotipos según el test de Duncan (ANOVA; *, $p < 0,001$; n.s., no significativo).**

En la **Tabla 2** se muestran la fertilidad y el resto de parámetros agronómicos medidos. Cabe destacar el peso medio del racimo por mostrar diferencias significativas: se diferencia el genotipo Zurieles cuyos racimos con un peso medio de 192,7 g, fueron notablemente mayores que los del resto, que oscilaban entre los 115,9 g de Moscatel y los 137 g de Maquías. En el resto de parámetros, aunque no estadísticamente significativas, también se encontraron ligeras diferencias: destacó Maquías por mostrar menor fertilidad, rendimiento, nº de racimos/cepa y peso de la baya. Los 5 genotipos mantuvieron un notable equilibrio interanual entre el crecimiento vegetativo y la producción de fruto (Índice de Ravaz); sólo Maquías se salió algo de la norma.

Tabla 2. Parámetros agronómicos medios de los tres años.

<i>Genotipos</i>		Albillo de Pozo	Castellana Blanca	Maquías	Moscatel GM	Zurieles
Parámetros						
Fertilidad (Nº inflorescencias/ pámpano)	n.s.	0,53 +/- 0,10	0,60 +/- 0,28	0,35 +/- 0,18	0,60 +/- 0,13	0,47 +/- 0,14
Redimiento (Kg/cepa)	n.s.	1,86 +/- 0,77	2,46 +/- 1,59	1,35 +/- 0,20	1,93 +/- 0,31	1,97 +/- 0,60
Nº racimos / cepa	n.s.	15 +/- 5	18 +/- 7	11 +/- 4	17 +/- 4	10 +/- 3
Peso medio racimo (g)	*	125,15 ^a +/- 15,01	131,68 ^a +/- 38,95	136,95 ^a +/- 28,40	115,88 ^a +/- 9,98	192,72 ^b +/- 4,17
Peso medio baya (g)	n.s.	1,66 +/- 0,48	1,84 +/- 0,23	1,56 +/- 0,17	1,67 +/- 0,14	2,13 +/- 0,14
Peso madera de poda (Kg/cepa)	n.s.	0,499 +/- 0,101	0,555 +/- 0,052	0,485 +/- 0,084	0,433 +/- 0,124	0,453 +/- 0,117
IR (rendimiento / peso poda)	n.s.	3,64 +/- 0,73	4,39 +/- 2,61	2,79 +/- 0,13	4,56 +/- 0,51	4,41 +/- 1,13

Diferentes superíndices en la misma fila indican diferencias estadísticamente significativas entre genotipos según el test de Duncan (ANOVA; *, $p < 0,05$; n.s., no significativo)



En lo referente a las medidas de $\delta^{13}\text{C}$ (‰) del mosto de los distintos genotipos (Fig. 2), el resultado promedio de los tres años de estudio superó el -24‰ en todos los casos, certificando que el régimen con que se condujo el cultivo fue de severo déficit hídrico (Santesteban et al., 2015). Las ligeras diferencias entre ellos revelaron una mayor eficiencia hídrica para Maquías (-22,95‰), Moscatel (-23,09‰) y Zurielles (-23,11‰) que para Albillo de Pozo (-23,55‰) y Castellana Blanca (-23,65‰). Algunos genotipos (Albillo de Pozo y Zurielles) parecieron moverse en un rango estrecho de valores de $\delta^{13}\text{C}$ a lo largo de los años, mientras que otros (Moscatel) lo hicieron en un rango más amplio. El rango de $\delta^{13}\text{C}$ proporciona una indicación de la plasticidad de una variedad para adaptar su eficiencia en el uso del agua (EUA) a condiciones secas vs. húmedas (Plantevin et al. 2022).

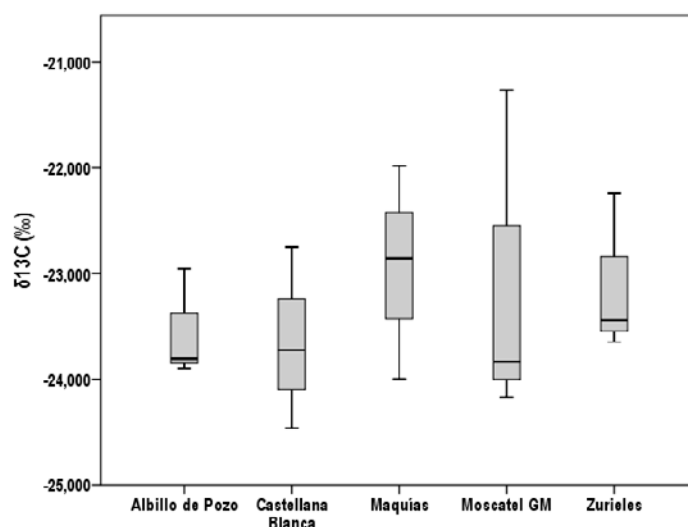


Fig. 2. Diagramas de barras agrupados con los valores promedio de $\delta^{13}\text{C}$ (‰) del mosto de los distintos genotipos. Los resultados están ordenados por sus medias. La línea continua negra indica la mediana y los extremos de los recuadros corresponden a los percentiles 25 y 75 de los datos. Las barras de error representan los percentiles 10 y 90. El análisis de varianza ANOVA no muestra diferencias significativas.

Por lo que respecta a los vinos, atendiendo a los parámetros enológicos medidos (Tabla 3), se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la acidez total y el pH, que se mantenían igual a las de la composición físico-química de los mostos (datos no mostrados). Albillo de Pozo y Zurielles, serían los genotipos con acidez total ligeramente más baja y pH algo más alto que Castellana Blanca y Maquías, que mostrarían valores de acidez y pH más próximos a los de Moscatel.

La evaluación sensorial de los vinos, efectuada según los descriptores de la OIV, mostró diferencias significativas en la valoración de los vinos de los distintos genotipos, que resultaron pequeñas en el cómputo global (Tabla 3). En todos los casos se obtuvieron vinos con una valoración más que aceptable, 84 puntos, en el caso de los genotipos menos valorados: Castellana Blanca y Maquías.



Tabla 3. Parámetros enológicos medios de los vinos elaborados en 2019, 2020 y 2021.

Parámetros	Genotipos	Albillo de Pozo	Castellana Blanca	Maquías	Moscatel GM	Zurieles
Grado Alcohólico (% v/v)	n.s.	11,24 +/- 1,62	11,58 +/- 0,85	12,86 +/- 0,51	12,74 +/- 0,59	11,76 +/- 0,14
Acidez total (g/L ac. tartárico)	**	4,19 a +/- 0,26	5,57 ^{bc} +/- 0,54	5,58 ^{bc} +/- 0,65	5,97 ^c +/- 0,49	4,59 ^{ab} +/- 0,73
pH	*	3,28 ^{bc} +/- 0,03	3,04 ^a +/- 0,10	3,13 ^{ab} +/- 0,20	3,09 ^{ab} +/- 0,06	3,34 ^c +/- 0,06
Ácido málico (g/L)	n.s.	1,10 +/- 0,23	0,99 +/- 0,27	0,88 +/- 0,26	1,36 +/- 0,26	1,26 +/- 0,38
Cata (OIV)	**	86 ^{ab} +/- 0,6	84 ^a +/- 1,2	84 ^a +/- 3,2	89 ^c +/- 1,2	86 ^{ab} +/- 0,6

Diferentes superíndices en la misma fila indican diferencias estadísticamente significativas entre genotipos según el test de Duncan (ANOVA; *, p<0,05; **, p<0,01; n.s., no significativo)

4. Conclusiones

La primera evaluación de este conjunto de cuatro genotipos de uva blanca recuperados en Castilla-La Mancha (Albillo de Pozo, Castellana Blanca, Maquías y Zurieles) sugiere que podrían ser alternativas prometedoras a las variedades comúnmente cultivadas en la zona. Aunque podrían integrarse bien en el viñedo futuro de la región, la selección debería realizarse cuidadosamente, según las necesidades específicas y las condiciones del viñedo.

Algunas consideraciones específicas que podría guiar esa selección:

- Zurieles presenta un ciclo tardío, una facultad muy relevante en clave de adaptación al calentamiento del clima. Esta circunstancia, unida a su tendencia a la isohidria, motivan un incremento en sus necesidades hídricas para alcanzar una madurez equilibrada: un 40% más que Moscatel (datos no mostrados).
- Castellana Blanca, con una brotación precoz, alarga el ciclo (17 días más que Moscatel) hasta alcanzar la madurez en época media, incrementando su demanda de agua (un 20% con respecto a Moscatel). Sin embargo, su conducta anisohídrica le asegura un incremento apreciable en los rendimientos.
- Maquías desarrolla un ciclo largo, como el de Castellana, sólo que, adelantado una semana ya desde la brotación, que es muy precoz. Conocemos la habilidad de este genotipo para optimizar el uso del agua, pero el relativo amplio rango interanual de $\delta^{13}\text{C}$ denota cierta plasticidad para adaptar su EUA a las condiciones de sequía.
- Albillo de Pozo sigue, a cierta distancia, el ciclo corto de Moscatel, incrementando ligeramente el gasto hídrico. Sus $\delta^{13}\text{C}$ más negativos sugieren un comportamiento más anisohídrico.



5. Bibliografía

1. Santesteban, L.G.; Miranda, C.; Barbarin, I.; Royo, J.B. 2015. **Application of the measurement of the natural abundance of stable isotopes in viticulture: a review.** Aust. J. Grape Wine Res., 21, 157–167. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12124>
2. Farquhar, G. D.; Ehleringer, J. R.; Hubick, K. T. 1982. **On the relationship between carbon isotope discrimination and the intercellular carbon dioxide concentration in leaves.** Aust. J. Plant Physiol., 9, 121–137. <https://doi.org/10.1071/PP9820121>
3. Mena, A. 2013. **Recuperación, caracterización y conservación de variedades de vid (*Vitis vinifera* L.) minoritarias de Castilla-La Mancha.** Tesis Doctoral. Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo.
4. Tonietto, J.; Carbonneau, A. 2004. **A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide.** Agric. For. Meteorol., 124, 81-97. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2003.06.001>
5. 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>
6. Gómez-Alonso, S.; García-Romero, E. 2010. **Effect of irrigation and variety on oxygen ($\delta^{18}\text{O}$) and carbon ($\delta^{13}\text{C}$) stable isotope composition of grapes cultivated in a warm climate.** Aust. J. Grape Wine Res., 16, 283–289. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2009.00089.x>
7. OIV. 2019. **Compendium of International Methods of Wine and Must Analysis.** International Organisation of Vine and Wine, Paris.
8. Plantevin, M., Gowdy, M., Destrac-Irvine, A., Marguerit, E., Gambetta, G.A., van Leeuwen, C. 2022. **Using $\delta^{13}\text{C}$ and hydroscares for discriminating cultivar specific drought responses.** OENO One 56, 239-250. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2022.56.2.5434>

6. 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, MINORVIN.

A. Mena Morales quiere agradecer la financiación de su contrato al FEDER regional de CLM del programa operativo 2021-2027, a través del proyecto “Desarrollo de estrategias para la valoración de la capacidad de resiliencia de cultivos leñosos y variedades frente al cambio climático”.

Incidencia de residuos de pesticidas en suelos: técnicas de manejo sostenible para mitigar su impacto

Anxo Vázquez-Arias¹, Emilia Díaz-Losada¹, Emiliano Trigo-Córdoba¹, Victoria Fernández-Fernández², María Ramil², Isaac Rodríguez², M. Dolores Loureiro¹

¹Estación de Viticultura e Enoloxía de Galicia (EVEGA) – Axencia Galega da Calidade Alimentaria (AGACAL). Ponte San Clodio s/n (Leiro, Ourense). Tlf. 988788091. anxo.vazquez.arias@xunta.gal

²Instituto de Investigación en Análisis Químicos y Biológicos (IAQBUS), Universidade de Santiago de Compostela (USC), Constantino Candeira s/n, Campus Vida, 15782 Santiago de Compostela, A Coruña. Tlf. 881814387

Resumen

El impacto sobre el medioambiente del empleo de fitosanitarios de síntesis química en viticultura hace perentorio reducir la contaminación asociada, para lo cual es necesario evaluar, entre otras estrategias, distintas técnicas de manejo del cultivo, que puedan reducir la persistencia de dichos fitosanitarios en suelo.

Con la finalidad de evaluar la influencia del manejo del suelo en la severidad de enfermedades y la persistencia de residuos de los productos fitosanitarios utilizados, se estableció en la EVEGA un campo de ensayo en bloques al azar con tres manejos diferentes de suelo (suelo labrado, cubierta vegetal y suelo labrado con madera trillada enterrada). Se hizo una evaluación de la severidad de enfermedades a lo largo del ciclo vegetativo-productivo, y se muestrearon los suelos a una profundidad de 0-10 cm en dos momentos distintos (julio y noviembre) para el análisis de residuos de fitosanitarios.

El primer año del ensayo (2023) hubo gran afectación del cultivo por mildiu y black rot, no observándose diferencias significativas entre los distintos manejos de suelo tanto en la severidad de enfermedades como en la concentración de residuos de los productos fitosanitarios entre las distintas estrategias de manejo del suelo.

1. Introducción

En la actualidad el uso de productos fitosanitarios es esencial para garantizar la sanidad del viñedo y obtener producciones rentables. Uno de los inconvenientes del uso de fitosanitarios de síntesis química es la posible contaminación de suelo y aguas, además del efecto sobre otros organismos diferentes del patógeno a controlar.

Con el propósito de avanzar hacia un modelo agrícola más respetuoso con el medioambiente, la Comunidad Europea creó el Pacto Verde Europeo, en el cual se incluye la Estrategia “De la granja a la mesa”. Entre sus objetivos se encuentra reducir el uso y el riesgo globales de los plaguicidas químicos, así como el uso de plaguicidas más peligrosos.

Estudios previos han constatado que la adición de materia orgánica en el suelo mejora la adsorción y degradación de los pesticidas. La enmienda con restos de materia orgánica en el viñedo, como los restos de poda, puede reducir el impacto de los pesticidas químicos y contribuir a un manejo sostenible del cultivo (Vischetti y col., 2020). Por otra parte, la utilización de cubiertas vegetales incrementa el carbono orgánico del suelo y puede además determinar una reducción de la severidad de enfermedades (Abad y col., 2021).



El objetivo de este trabajo es aumentar el conocimiento de la relación entre el manejo del suelo del viñedo con 1) la severidad de las principales enfermedades que afectan al viñedo en Galicia: mildiu (*Plasmopara viticola* (Berk. & M. A. Curtis) Berl. & de Toni), oídio (*Erysiphe necator* Schwein.), black rot (*Phyllosticta ampellicida* (Engelm.) Aa) y botritis (*Botrytis cinerea* Pers.); 2) el comportamiento de los pesticidas de síntesis química aplicados en el viñedo que puedan acumularse en la capa superficial del suelo (0 – 10 cm.).

2. Material y Métodos

2.1 Localización del ensayo y diseño experimental

El experimento se está llevando a cabo en la finca de la Estación de Viticultura e Enología de Galicia (EVEGA) en una plantación de la variedad Brancellao injertada en 101-14 Millardet et Grasset (*V. riparia* x *V. rupestris*), con un marco de plantación de 2.50 m x 1 m. El viñedo está conducido en espaldera, con formación en cordón Royat simple y poda a seis pulgares de dos yemas cada uno.

Se establecieron tres sistemas distintos del manejo del suelo en bloques aleatorizados, con tres repeticiones de 28 cepas por tratamiento: T1) cubierta vegetal espontánea en la calle, durante todo el año, con siegas para evitar el sobrecrecimiento; T2) se realizaron labrados de tierra a lo largo del año para mantener el suelo desnudo; T3) se realizó un laboreo idéntico al manejo T2, pero se procedió antes de la brotación a aportar restos de poda trillados que se enterraron a 20 cm de la línea de cepas.

2.2 Evaluación del estado sanitario del viñedo

Para el seguimiento de la severidad de enfermedades en el viñedo a lo largo del ciclo vegetativo-productivo se siguieron las pautas de evaluación PP1/031(3) (EPPO, 2001). Se realizaron un total de 6 muestreos: 12/05/2023, 25/05/2023, 08/06/2023, 21/06/2023, 28/06/2023 y 31/07/2023.

2.3 Pesticidas aplicados en la parcela experimental

La aplicación de productos fitosanitarios se realizó entre los meses de abril a agosto de 2023. Se utilizaron un total de 14 productos (fungicidas e insecticidas), que suman un total de 16 materias activas (Tabla 1). Se realizaron un total de 14 aplicaciones desde abril a agosto.

2.3 Muestreo de suelo

Las muestras de suelo para el análisis de residuos de pesticidas se recogieron en dos épocas, julio y noviembre. La toma de muestras se realizó de 0-10 cm de profundidad con la ayuda de una sonda Edelman. Se tomaron muestras en 6 puntos de cada repetición que se mezclaron para determinar los residuos de los fitosanitarios.



Tabla 1. Lista de productos fitosanitarios utilizados con su formulación, organismo objetivo y número de tratamientos.

Producto (Fabricante)	Materia activa	Patógeno objetivo	N.º de aplicaciones	Fecha aplicación
Ampexio® (SYNGENTA)	*Mandipropamida 25% y *Zoxamida 24%	<i>P. viticola</i>	2	19/05/2023 12/06/2023
Cabrio® (BASF)	*Piraclostrobin 25%	<i>E. necator</i>	1	29/05/2023
Delan® Pro (BASF)	Ditianona 12,5 % y Fosfonato potásico 56,1 %	<i>P. viticola</i> , <i>P. ampellicida</i> , <i>Phomopsis viticola</i>	1	30/06/2023
Enervin® (BASF)	*Ametoctradin 20%	<i>P. viticola</i>	2	21/06/2023 06/07/2023
Fakir EC® (SIPCAM)	Deltametrina 2,5%	<i>Lobesia botrana</i>	1	31/05/2023
Flecha® (ASCENZA)	*Kresoxim-metil 50%	<i>E. necator</i> , <i>P. Ampellicida</i>	2	27/07/2023 11/08/2023
Fosetil AL 80 SIPCAM	Fosetil-Al 80%	<i>P. viticola</i>	1	28/04/2023
Luqsazufre (LUQSA) / ThiovitJet® (SYNGENTA)	Azufre 80%	<i>E. necator</i>	4	28/04/2023 21/06/2023 06/07/2023 15/07/2023
Platinum Flow (SPACHEM)	Oxicloruro de cobre 70%	<i>P. viticola</i>	3	15/07/2023 27/07/2023 11/08/2023
Prolectus® (KENOGARD)	*Fenpirazamina 50%	<i>B. cinerea</i>	2	30/06/2023 25/08/2023
Tempio® F (GOWAN)	*Benalaxil 3,75 % y Folpet 48%	<i>P. viticola</i>	1	12/05/2023
Tricco® (GOWAN)	*Cimoxanilo 45%	<i>P. viticola</i>	1	05/05/2023
Vivando® (BASF)	*Metrafenona 50 %	<i>E. necator</i>	3	19/05/2023 12/06/2023 30/06/2023

*Materias activas determinadas

2.3 Análisis de muestras de pesticidas

La determinación de residuos de plaguicidas en muestras de suelos se realizó sobre la fracción con tamaño de partícula inferior a 2 mm, después de una etapa de liofilización. La metodología de preparación de muestra consistió en una extracción con acetonitrilo, conteniendo un 2.5% de ácido fórmico, mediante la metodología QuEChERS, sin etapa posterior de purificación del extracto obtenido.

El tamaño de muestra empleado fue de 5 g y la determinación de los compuestos en el extracto obtenido se llevó a cabo mediante cromatografía líquida (LC), acoplada a un espectrómetro de masas de tipo triple cuadrupolo (QqQ), empleando un procedimiento multiresiduo que cubre la determinación de 50 fitosanitarios diferentes, usando análogos marcados



con deuterio, o ^{13}C , para una docena de ellos. Para cada compuesto se registró una transición de cuantificación y otra de cualificación. Los límites de cuantificación alcanzados se situaron entre 0.4 ng/g (Benalaxil y Zoxamida) y 15 ng/g (Kresoxim-metil), referidos a peso seco de suelo.

2.4 Análisis estadístico

Para el tratamiento estadístico de datos se utilizó el programa R v4.3.2 (R Core Team, 2023). La comprobación de la normalidad de los datos se realizó con el Test de Shapiro-Wilk. Para los datos que seguían una distribución normal se realizó un ANOVA para la observación de diferencias significativas ($p < 0,05$). Para aquellos parámetros que no siguen una distribución normal se empleó la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis.

3. Resultados

3.1 Influencia del manejo del suelo sobre la incidencia y severidad de enfermedades en el viñedo

Entre los meses de mayo a agosto de 2023 se hizo el seguimiento de enfermedades, observándose una incidencia prácticamente nula de *E. necator* y *B. cinerea*, y una elevada incidencia de *P. viticola* y *P. ampelícida*. En la Fig. 1 se muestran los resultados de la severidad de *P. viticola* y *P. ampelícida* en hoja y racimo en los tres últimos muestreos realizados. El análisis estadístico de los datos de severidad de estas enfermedades no mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos en ninguna de las fechas de muestreo.

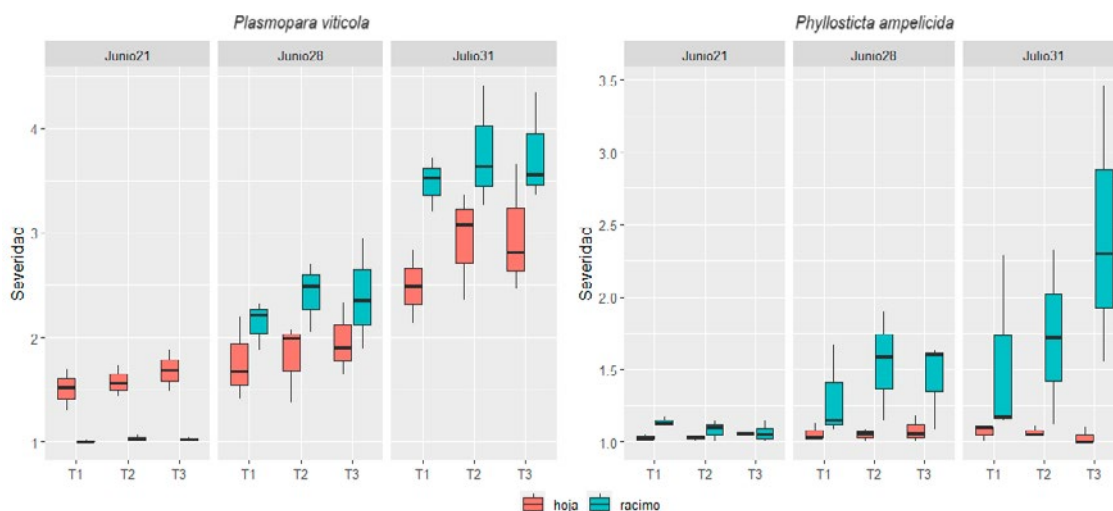


Fig. 1. Severidad en hoja y racimo de *P. viticola* y *P. ampelícida* según el manejo de suelo.

3.2 Presencia de residuos de pesticidas en suelo

Respecto las materias activas consideradas en el método de determinación (Tabla 1), los fungicidas Cimoxanilo y Kresoxim-metil no fueron detectados en ninguna de las muestras de suelo procesadas. En la tabla 2 se muestra la concentración en ng/g suelo de los diferentes pesticidas determinados para cada tipo de manejo de suelo y en la Fig. 2 la contribución de cada pesticida al total de residuos evaluados. Se detectó una mayor concentración de residuos de pesticidas en el muestreo de julio, época en la que el número de aplicaciones de pesticidas es elevado, que en



noviembre. No se han observado diferencias significativas entre los distintos manejos del suelo y la concentración de cada uno de los residuos de pesticidas ($p < 0,05$). En julio sólo tres materias activas, Benalaxil, Piraclostrobin y Zoxamida, presentan concentraciones en torno o inferiores a 10 ng/g suelo, mientras que en noviembre todas las materias activas detectadas están en concentración inferior a 4 ng/g suelo, a excepción de la Metrafenona.

Con Ametoctradin se realizaron dos aplicaciones durante la campaña, todas ellas antes del muestreo de julio (Tabla 1). Destaca como el residuo más abundante en todos los tratamientos en julio (Fig. 2), a pesar de estar considerada como una sustancia activa de baja persistencia (EFSA, 2012a). Esto puede deberse a que la última aplicación se realizó 5 días antes del muestreo. Se sigue detectando en el muestreo de noviembre, pero se reduce considerablemente su concentración en todos los tratamientos (T1 - 98,9 %, T2 - 98,8 % y T3 - 99,3 %) (Tabla 2).

El Benalaxil presenta una concentración baja en todos los tratamientos en julio (<4 ng/g suelo) (Tabla 2). Sólo se aplica en una ocasión 60 días antes del muestreo. Está considerada una materia activa con una persistencia en el suelo de moderada a alta (EFSA, 2020). En el muestreo de noviembre no se ha detectado en los dos tratamientos que incorporan materia orgánica (T1 y T3), sólo se detectó en el tratamiento T2, donde se ha producido una reducción de esta materia activa de un 66,6 %.

La Fenpirazamina manifiesta una persistencia moderada en el suelo (EFSA, 2012b) Se aplicó en dos ocasiones, 11 días antes del muestreo de julio y 82 días antes del muestreo de noviembre (Tabla 1). Se detectó en los dos muestreos, con una reducción elevada y similar en los tres grupos (Tabla 2).

Mandipropamida y Zoxamida se aplicaron en dos ocasiones, 53 y 29 días antes del muestreo de julio. Ambas materias activas presentan una persistencia en el suelo de baja a media (EFSA 2012c, 2017). La concentración aplicada de ambas materias activas ha sido similar; sin embargo, se observa un comportamiento diferente, detectándose una concentración de Mandipropamida en suelo en el mes de julio en torno a 15 veces superior a la de Zoxamida (Fig. 2). Respecto al muestreo de noviembre, la Mandipropamida se reduce de forma similar en los tres tratamientos T1 – 97 %, T3 – 95,9 % y T2 – 94,5 % (Tabla 2). En el muestreo de julio sólo se detecta Zoxamida en los tratamientos T1 y T3, situación inversa al muestreo de noviembre, donde no se detecta en estos tratamientos y en cambio sí en el tratamiento T2, en una cantidad muy próxima al límite de cuantificación.

Tabla 2. Concentración de las materias activas en los muestreos de julio y noviembre y porcentaje de reducción

Materia activa	Manejo	Concentración julio (ng/g suelo)	Concentración noviembre (ng/g suelo)	Reducción concentración (%)
Ametoctradin	T1	215,75	2,40	98,9 %
	T2	157,95	1,90	98,8 %
	T3	295,75	2,13	99,3 %
Benalaxil	T1	3,90	n.d.	100 %



	T2	3,63	1,21	66,6 %
	T3	2,45	n.d.	100 %
Fenpirazamina	T1	75,38	3,52	95,3 %
	T2	50,30	1,82	96,4 %
	T3	49,58	1,73	96,5 %
Mandipropamida	T1	70,00	2,10	97,0 %
	T2	40,33	2,23	94,5 %
	T3	55,08	2,28	95,9 %
Metrafenona	T1	98,93	10,84	89,0 %
	T2	70,38	12,20	82,7 %
	T3	94,30	11,47	87,8 %
Piraclostrobin	T1	10,33	1,10	89,3 %
	T2	5,68	0,65	88,5 %
	T3	8,20	1,65	79,9 %
Zoxamida	T1	3,86	n.d.	100%
	T2	n.d.	0,45	
	T3	3,88	n.d.	100 %

N.d.: "no detectado".

La Metrafenona presenta una persistencia en el suelo de moderada a alta (EFSA, 2023). Se aplicó en tres ocasiones, a 53, 29 y 11 días antes del muestreo de julio (Tabla 1). En dicho muestreo es la materia activa con la segunda mayor concentración proporcionalmente en los tres tratamientos, y pasa a ser la mayoritaria en el muestreo de noviembre (Fig. 2). Su concentración se reduce en los tres tratamientos, presentando una mayor reducción en aquellos que incorporan materia orgánica (T1 - 89 % y T3 - 87,8 %) respecto al de suelo desnudo (T2 - 82,7 %).

El Piraclostrobin sólo se aplicó una vez, 43 días antes del muestreo de julio (Tabla 1). Se detectó una baja concentración en julio que se redujo en el muestreo de noviembre en mayor proporción en los tratamientos T1 (89,3 %) y T2 (88,5 %), mientras que en T3 se redujo un 79,9 % (Tabla 2).

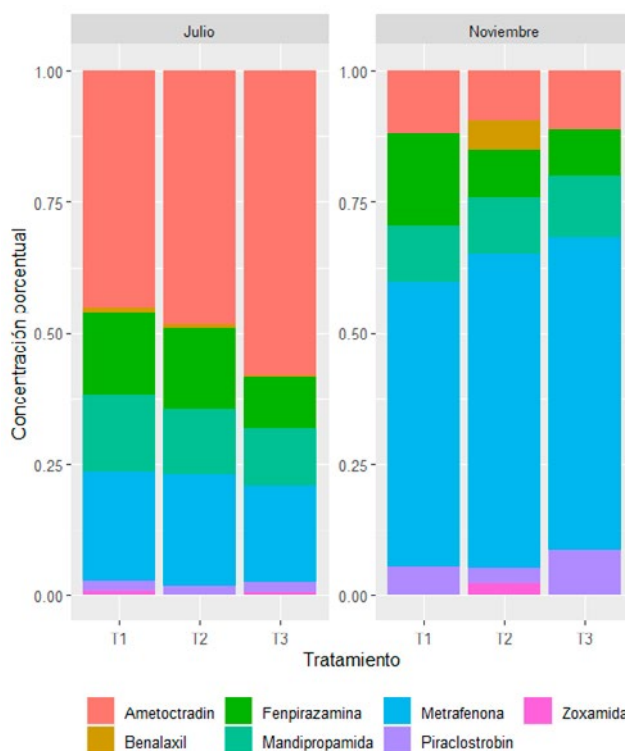


Fig. 2. Concentración porcentual de los residuos de pesticidas según el tipo de tratamiento.

4. Conclusiones

En el primer año del ensayo no se han detectado diferencias significativas en cuanto a la severidad de enfermedades fúngicas (*P. viticola* y *P. ampellicida*) en el viñedo entre los distintos manejos del suelo.

Tampoco se han observado diferencias significativas respecto de la cantidad de residuos de pesticidas en el suelo entre los distintos manejos de suelo. Se ha observado una reducción similar en los tres tratamientos de Ametoctradin, Fenpirazamina y Mandipropamida de julio a noviembre. Los tratamientos que incorporan materia orgánica presentaron una mayor reducción de las materias activas Benalaxil y Metrafenona. El Piraclostrobin ha sido la única materia activa que ha presentado una menor reducción en el tratamiento T3, respecto a una reducción similar de los tratamientos T1 y T2.

5. Bibliografía

1. Abad, J., Hermoso De Mendoza, I., Marín, D., Orcaray, L., Santesteban, L.G., 2021. **Cover crops in viticulture. A systematic review (2): Implications on vineyard agronomic performance.** OENO One 55, 1–27.
2. European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). 2001. **Guidelines for the efficacy evaluation of fungicides. Plasmopara viticola.** EPPO Bull. 31, 313–317.



3. European Food Safety Authority (EFSA). 2012a. **Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance ametoctradin (BAS 650 F)**. EFSA J., 10, 2921.
4. European Food Safety Authority (EFSA). 2012b. **Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance fenpyrazamine**. EFSA J., 10, 2496.
5. European Food Safety Authority (EFSA). 2012c. **Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance mandipropamid**. EFSA J., 10, 2935.
6. European Food Safety Authority (EFSA). 2017. **Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance zoxamyde**. EFSA J., 15, 4980.
7. European Food Safety Authority (EFSA). 2020. **Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance benalaxyl**. EFSA J., 18, 5985.
8. European Food Safety Authority (EFSA). 2023. **Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance metrafenone**. EFSA J., 21, 8012.
9. R Core Team (2023). **R: A language and environment for statistical computing. R v4.3.2**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (<https://www.R-project.org/>)
10. Vischetti, C., Monaci, E., Casucci, C., De Bernardi, A., Cardinali, A., 2020. **Adsorption and Degradation of Three Pesticides in a Vineyard Soil and in an Organic Biomix**. Environments 7, 113.

6. Agradecimientos

Trabajo y contrato predoctoral de Victoria Fernández financiados con cargo al proyecto TED2021-129962B, (Diagnóstico y mitigación de la contaminación de suelos y aguas por pesticidas aplicados en viticultura. VITICONTROL) financiado por la Agencia Estatal de Investigación dentro de la convocatoria de Transición Ecológica. Anxo Vázquez Arias está financiado por la Agencia Estatal de Investigación con un contrato predoctoral del Subprograma Estatal de Formación del Programa Estatal de Desarrollar, Atraer y Retener Talento, en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2021-2023, Ref. PRE2022-103198. María Dolores Loureiro Rodríguez está cofinanciada por la Xunta de Galicia mediante Resolución de la Axencia Galega de Innovación del 1 de marzo de 2021 (Programa Talento senior).

Comportamiento agronómico y enológico de 4 genotipos minoritarios de uva blanca cultivados en condiciones semi-áridas en Castilla-La Mancha

Adela Mena-Morales¹, Pedro M. Izquierdo-Cañas¹, Juan Luis Chacón Vozmediano¹, Esteban García-Romero¹, Jesús Martínez-Gascuña¹

Instituto Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario y Forestal de Castilla-La Mancha, IRIAF-IVICAM, Ctra. Toledo-Albacete s/n 13700 Tomelloso (Ciudad Real). 926 275773. amenam@jccm.es

Resumen

La viticultura actual afronta desafíos fundamentales, con la pérdida de diversidad y el impacto del cambio climático como puntos destacados. Preservar la diversidad varietal se presenta como una solución clave posibilitando la exploración de rasgos (fenológicos, agronómicos, enológicos, respuestas a la falta de agua, etc.) que permitan adaptar mejor el cultivo a las nuevas condiciones climáticas. En Castilla-La Mancha, extensos trabajos de prospección permitieron la identificación y recuperación de varias decenas de genotipos de vid. La conservación de este material en una única parcela, ubicada en el centro de la región, facilitó la evaluación comparativa de su comportamiento en condiciones climáticas semiáridas durante el trienio 2019-2021. En el presente trabajo se detallan aspectos sobre la fenología, la fertilidad, los componentes del rendimiento, el estado hídrico y los parámetros enológicos de los vinos de los genotipos de uva blanca: Albillo de Pozo, Castellana Blanca, Maquías y Zurieles. Los resultados revelan, como cabía esperar, que no todos los genotipos responden igual a las mismas condiciones de cultivo: las diferencias se extienden desde la duración de las distintas etapas del ciclo vegetativo y la fertilidad hasta el perfil sensorial de los vinos detectables por cata.

1. Introducción

La vid es considerada una especie tolerante a la sequía, extendiéndose su cultivo de forma tradicional por zonas de clima mediterráneo, o de clima relativamente templado. Tanto la antigüedad del cultivo como la capacidad adaptativa de la especie han favorecido su amplia distribución y han originado una gran riqueza varietal a lo largo de la historia. Sin embargo, desde mediados del siglo XIX, diferentes causas han contribuido significativamente a la reducción en la diversidad varietal, lo que ha llevado al desarrollo de proyectos de prospección y recuperación de genotipos de vid en distintas zonas vitícolas en las últimas décadas. Los motivos que impulsan esta recuperación son variados, incluyendo la exploración del potencial de adaptación de los distintos genotipos a factores externos abióticos, como los desencadenados por el cambio climático.

El cambio climático supone otra importante amenaza para la viticultura actual. Si bien un moderado estrés hídrico en determinados momentos del ciclo mejora la calidad de las bayas y, por ende, la del vino, episodios de calor extremo y sequía prolongados pueden ser perjudiciales, tanto para el rendimiento como para la calidad de la uva. No obstante, cabe esperar que no todas las variedades de vid se vean afectadas por la sequía de la misma manera, y explorar dicha variabilidad para la localización de genotipos más adaptados puede dotarnos de una buena herramienta para adaptar el cultivo al cambio climático.



El estudio del comportamiento de las variedades frente al cambio climático se puede realizar mediante diferentes indicadores. Algunos, que son de índole agronómica y/o enológica, están relacionados con el cultivo, mientras que otros, como el estado hídrico de las plantas, están vinculados al comportamiento fisiológico bajo condiciones ambientales específicas.

La relación isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) de los azúcares del mosto, se ha demostrado que está estrechamente relacionada con las condiciones de estrés hídrico que se producen a lo largo del ciclo, particularmente en el periodo de envero a madurez (vendimia) (Santesteban et al., 2015). Cuando las vides experimentan déficit hídrico, el cierre estomático se incrementa y, como consecuencia la relación $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ aumenta, esto se debe a una menor discriminación del ^{13}C al verse impedida su difusión a través de los estomas (Farquhar et al., 1982).

En Castilla-La Mancha, amplios trabajos de prospección permitieron la identificación y recuperación de varias decenas de genotipos de vid, que en la actualidad se conservan en una única parcela, ubicada en el centro de la región. Esta circunstancia, permite la realización de trabajos como éste con el que se pretende evaluar aspectos sobre la fenología, la fertilidad, los componentes del rendimiento, el estado hídrico y los parámetros enológicos de los vinos de los genotipos de uva blanca: Albillo de Pozo, Castellana Blanca, Maquías y Zurieles, cultivados en condiciones climáticas semiáridas.

2. Material y Métodos

Durante tres años consecutivos (2019, 2020 y 2021) se estudiaron 4 genotipos: Albillo de Pozo, Castellana Blanca, Maquías y Zurieles, localizados en diferentes lugares de Castilla-La Mancha (Mena, 2013). El material vegetal de estos genotipos, junto con el de la variedad Moscatel de Grano Menudo utilizada como referencia, se conserva en una parcela plurivarietal perteneciente a la Colección de Variedades de Vid de Castilla-La Mancha (CVVCLM), ubicada en el IRIAF, en Tomelloso, Ciudad Real (39°10'15'' N y 03°00'16'' O). Las variedades se encuentran injertadas sobre patrón Fercal y se disponen en filas de 50 cepas (1 fila por variedad), orientadas en dirección 30°NE - 210°SO. El marco de plantación es de 2,8 x 1,2 m y la formación en cordón royat bilateral, dejándose en la poda 3/4 pulgares de 2 yemas vistas por brazo.

La parcela está situada en la parte distal del gran abanico aluvial del alto Guadiana, sobre un suelo Petricalcic Calcixercept (clasificación suelos USDA) de textura franco arenosa. El horizonte petrocálcico, por debajo de los primeros 30 cm de la superficie del suelo, puede superar el metro de espesor y es absolutamente impenetrable para las raíces, condicionando el cultivo.

Esta zona se caracteriza por un clima mediterráneo continental, con una gran amplitud térmica anual, inviernos fríos con frecuentes heladas, que se prolongan desde finales de otoño hasta principios de primavera, y veranos con temperaturas máximas en julio y agosto que superan los 40°C. Las precipitaciones anuales promedio se sitúan en torno a los 350 mm. En la **Tabla 1** se recogen datos concretos de la precipitación (P) registrada, así como algunos índices vitícolas para el trienio objeto de estudio, que se calcularon utilizando los datos de la estación meteorológica del Servicio Integral de Asesoramiento al Regante de Castilla-La Mancha (SIAR), situada en la localidad de Argamasilla de Alba, a 12 km de la parcela de cultivo. Por un lado, se calculó la integral térmica eficaz, también conocida como GDD (*Growing Degree Days*):



$$GDD = [((T_{max} - T_{min}))/2] - T_{base}$$

Donde, T_{max} es la temperatura máxima diaria, T_{min} , la mínima y T_{base} es una temperatura de referencia que varía entre especies, cultivos y estado de crecimiento, y que en este caso se ha considerado $T_{base} = 10^{\circ}\text{C}$.

También, se calculó el índice de frescor nocturno (CI, *Cold Index*), como la temperatura media de las mínimas diarias durante el último mes de la maduración, que variará dependiendo de la variedad. En este caso, se calcula tomando el mes de agosto, como promedio para todos los genotipos.

Por último, 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:

$$W = W_0 + P - T_v - E_s$$

Donde, W_0 es la reserva inicial de agua en el suelo, P es la precipitación, T_v es la transpiración potencial en el viñedo y E_s es la evaporación directa desde el suelo, calculada la Evapotranspiración Potencial (ETP) según Thornthwaite (Almorox, 2008).

Tabla 1. Datos climáticos calculados para los años agronómicos de estudio.

Datos climáticos	2018-19	2019-20	2020-21	Promedio
$P_{oct-sept}$ (mm)	315,8	350,3	340,2	335,4
$GDDs_{abr-sept}$ ($^{\circ}\text{C}$)	2.131,0	2.176,2	2.180,5	2.162,6
$DI_{abr-sept}$ (mm)	-169,27	-136,39	-149,47	-151,71
$CI_{maduración}$ ($^{\circ}\text{C}$)	17,61	18,21	19,08	18,30

Cada año, se determinaron para cada genotipo los estados fenológicos más representativos: brotación, floración, envero y maduración-madurez tecnológica. Las fechas concretas se asignaron cuando el 50% de las yemas de 10 cepas/genotipo dejadas en la poda o, en su caso, de los racimos presentes en sus pámpanos, alcanzaban cada etapa excepto para la madurez, cuya fecha hicimos coincidir con la madurez tecnológica (vendimia): cuando las uvas alcanzaban unos 11,5/12 $^{\circ}\text{Baumé}$. La fertilidad se evaluó antes de realizar la poda en verde, utilizando el descriptor OIV-153: número de inflorescencias por brote.

Los componentes del rendimiento se midieron en el momento de las vendimias de cada año de estudio, sobre las 10 cepas mencionadas: producción, número y peso de los racimos y peso de la baya (6 muestras de 100 bayas obtenidas del total de los racimos). Otros parámetros como el peso de la madera de poda y la relación de éste con la producción o Índice de Ravaz (IR) se determinaron una vez concluido el ciclo.

La medida de la relación isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) se realizó con un espectrómetro de masas de relación isotópica, IRMS, Delta V Advantage, 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 $\delta^{13}\text{C}$ ‰ con respecto a la de una referencia internacional VPDB (Viena Pee Dee Belemnite):

$$\delta^{13}\text{C}_{\text{sample}} (\text{‰}) = [(R_s/R_{st}) - 1] \times 1000$$

donde R_s , es la relación $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ de la muestra, y R_{st} es la relación de la referencia.

La valoración enológica se realizó cada añada mediante una evaluación físico-química y organoléptica de los vinos (2 por genotipo). Se hicieron las vinificaciones (100 kg de uva por replicado) siguiendo un sistema de vinificación en blanco estándar, con estrujado y prensado ligero, adición de levadura FERMOL super 16 y mantenimiento de temperatura a 18°C. Los parámetros físico-químicos habituales en mostos y vinos se analizaron de acuerdo con los métodos oficiales (OIV, 2019). Los vinos fueron evaluados por un panel entrenado de catadores que utilizó la ficha de cata homologada por la OIV, por la que se rigen muchos concursos internacionales. Los descriptores presentes en ella se valoran de excelente a insuficiente en las diferentes fases de cata: vista, olfato y gusto. Cada una de estas valoraciones se corresponde con una cifra diferente que, en conjunto, en caso de que en todas se logre la máxima, la suma alcanza un valor de 100 puntos.

El estudio estadístico de los resultados se realizó para las medias de los tres años de estudio de cada genotipo, mediante análisis de varianza ANOVA, y cuando aparecían diferencias significativas ($p < 0,05$) se utilizó el test de Duncan para separar medias.

3. Resultados

Las fechas promedio de los tres años de seguimiento para los principales estados fenológicos así como la duración del ciclo de los 5 genotipos estudiados se representan en la **Figura 1**. Se observaron ligeras diferencias entre los distintos genotipos, siendo Zurieles el más tardío tanto en brotar como en completar el resto de estados fenológicos, si bien, tales diferencias sólo resultaron estadísticamente significativas para la fecha de madurez (vendimia). También, se observaron diferencias en la duración del ciclo, resultando la variedad de referencia Moscatel de Grano Menudo, la que con una maduración más temprana, mostró el ciclo más corto, 126 días. En el otro extremo y con una diferencia de 17 y 16 días más en la duración del ciclo que Moscatel, encontramos a Castellana Blanca y Maquías, respectivamente, resultando esta última, la más temprana en brotar.

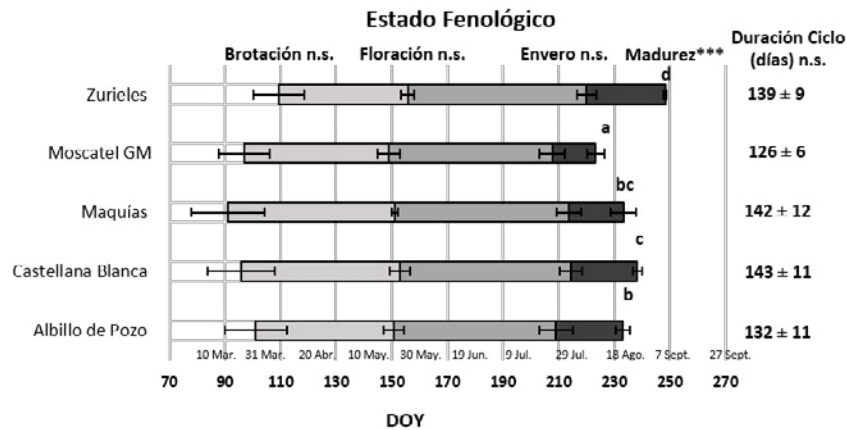


Fig. 1. Duración y fecha de cada estado fenológico para los diferentes genotipos. Las barras son la media de los 3 años y las barras de error la desviación estándar. La duración del ciclo en días, muestra la desviación estándar del valor medio. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre genotipos según el test de Duncan (ANOVA; *, $p < 0,001$; n.s., no significativo).**

En la **Tabla 2** se muestran la fertilidad y el resto de parámetros agronómicos medidos. Cabe destacar el peso medio del racimo por mostrar diferencias significativas: se diferencia el genotipo Zurieles cuyos racimos con un peso medio de 192,7 g, fueron notablemente mayores que los del resto, que oscilaban entre los 115,9 g de Moscatel y los 137 g de Maquías. En el resto de parámetros, aunque no estadísticamente significativas, también se encontraron ligeras diferencias: destacó Maquías por mostrar menor fertilidad, rendimiento, nº de racimos/cepa y peso de la baya. Los 5 genotipos mantuvieron un notable equilibrio interanual entre el crecimiento vegetativo y la producción de fruto (Índice de Ravaz); sólo Maquías se salió algo de la norma.

Tabla 2. Parámetros agronómicos medios de los tres años.

<i>Genotipos</i>		Albillo de Pozo	Castellana Blanca	Maquías	Moscatel GM	Zurieles
Parámetros						
Fertilidad (Nº inflorescencias/ pámpano)	n.s.	0,53 +/- 0,10	0,60 +/- 0,28	0,35 +/- 0,18	0,60 +/- 0,13	0,47 +/- 0,14
Redimiento (Kg/cepa)	n.s.	1,86 +/- 0,77	2,46 +/- 1,59	1,35 +/- 0,20	1,93 +/- 0,31	1,97 +/- 0,60
Nº racimos / cepa	n.s.	15 +/- 5	18 +/- 7	11 +/- 4	17 +/- 4	10 +/- 3
Peso medio racimo (g)	*	125,15 ^a +/- 15,01	131,68 ^a +/- 38,95	136,95 ^a +/- 28,40	115,88 ^a +/- 9,98	192,72 ^b +/- 4,17
Peso medio baya (g)	n.s.	1,66 +/- 0,48	1,84 +/- 0,23	1,56 +/- 0,17	1,67 +/- 0,14	2,13 +/- 0,14
Peso madera de poda (Kg/cepa)	n.s.	0,499 +/- 0,101	0,555 +/- 0,052	0,485 +/- 0,084	0,433 +/- 0,124	0,453 +/- 0,117
IR (rendimiento / peso poda)	n.s.	3,64 +/- 0,73	4,39 +/- 2,61	2,79 +/- 0,13	4,56 +/- 0,51	4,41 +/- 1,13

Diferentes superíndices en la misma fila indican diferencias estadísticamente significativas entre genotipos según el test de Duncan (ANOVA; *, $p < 0,05$; n.s., no significativo)



En lo referente a las medidas de $\delta^{13}\text{C}$ (‰) del mosto de los distintos genotipos (Fig. 2), el resultado promedio de los tres años de estudio superó el -24‰ en todos los casos, certificando que el régimen con que se condujo el cultivo fue de severo déficit hídrico (Santesteban et al., 2015). Las ligeras diferencias entre ellos revelaron una mayor eficiencia hídrica para Maquías (-22,95‰), Moscatel (-23,09‰) y Zurieles (-23,11‰) que para Albillo de Pozo (-23,55‰) y Castellana Blanca (-23,65‰). Algunos genotipos (Albillo de Pozo y Zurieles) parecieron moverse en un rango estrecho de valores de $\delta^{13}\text{C}$ a lo largo de los años, mientras que otros (Moscatel) lo hicieron en un rango más amplio. El rango de $\delta^{13}\text{C}$ proporciona una indicación de la plasticidad de una variedad para adaptar su eficiencia en el uso del agua (EUA) a condiciones secas vs. húmedas (Plantevin et al. 2022).

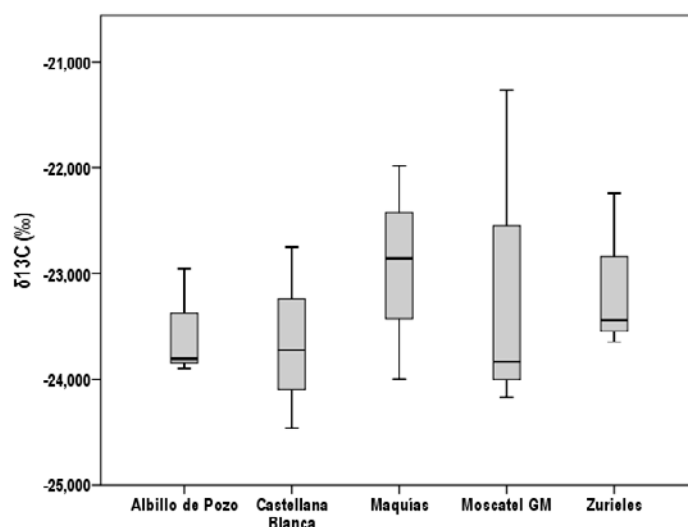


Fig. 2. Diagramas de barras agrupados con los valores promedio de $\delta^{13}\text{C}$ (‰) del mosto de los distintos genotipos. Los resultados están ordenados por sus medias. La línea continua negra indica la mediana y los extremos de los recuadros corresponden a los percentiles 25 y 75 de los datos. Las barras de error representan los percentiles 10 y 90. El análisis de varianza ANOVA no muestra diferencias significativas.

Por lo que respecta a los vinos, atendiendo a los parámetros enológicos medidos (Tabla 3), se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la acidez total y el pH, que se mantenían igual a las de la composición físico-química de los mostos (datos no mostrados). Albillo de Pozo y Zurieles, serían los genotipos con acidez total ligeramente más baja y pH algo más alto que Castellana Blanca y Maquías, que mostrarían valores de acidez y pH más próximos a los de Moscatel.

La evaluación sensorial de los vinos, efectuada según los descriptores de la OIV, mostró diferencias significativas en la valoración de los vinos de los distintos genotipos, que resultaron pequeñas en el cómputo global (Tabla 3). En todos los casos se obtuvieron vinos con una valoración más que aceptable, 84 puntos, en el caso de los genotipos menos valorados: Castellana Blanca y Maquías.



Tabla 3. Parámetros enológicos medios de los vinos elaborados en 2019, 2020 y 2021.

Parámetros	Genotipos	Albillo de Pozo	Castellana Blanca	Maquías	Moscatel GM	Zurieles
Grado Alcohólico (% v/v)	n.s.	11,24 +/- 1,62	11,58 +/- 0,85	12,86 +/- 0,51	12,74 +/- 0,59	11,76 +/- 0,14
Acidez total (g/L ac. tartárico)	**	4,19 a +/- 0,26	5,57 ^{bc} +/- 0,54	5,58 ^{bc} +/- 0,65	5,97 ^c +/- 0,49	4,59 ^{ab} +/- 0,73
pH	*	3,28 ^{bc} +/- 0,03	3,04 ^a +/- 0,10	3,13 ^{ab} +/- 0,20	3,09 ^{ab} +/- 0,06	3,34 ^c +/- 0,06
Ácido málico (g/L)	n.s.	1,10 +/- 0,23	0,99 +/- 0,27	0,88 +/- 0,26	1,36 +/- 0,26	1,26 +/- 0,38
Cata (OIV)	**	86 ^{ab} +/- 0,6	84 ^a +/- 1,2	84 ^a +/- 3,2	89 ^c +/- 1,2	86 ^{ab} +/- 0,6

Diferentes superíndices en la misma fila indican diferencias estadísticamente significativas entre genotipos según el test de Duncan (ANOVA; *, p<0,05; **, p<0,01; n.s., no significativo)

4. Conclusiones

La primera evaluación de este conjunto de cuatro genotipos de uva blanca recuperados en Castilla-La Mancha (Albillo de Pozo, Castellana Blanca, Maquías y Zurieles) sugiere que podrían ser alternativas prometedoras a las variedades comúnmente cultivadas en la zona. Aunque podrían integrarse bien en el viñedo futuro de la región, la selección debería realizarse cuidadosamente, según las necesidades específicas y las condiciones del viñedo.

Algunas consideraciones específicas que podría guiar esa selección:

- Zurieles presenta un ciclo tardío, una facultad muy relevante en clave de adaptación al calentamiento del clima. Esta circunstancia, unida a su tendencia a la isohidria, motivan un incremento en sus necesidades hídricas para alcanzar una madurez equilibrada: un 40% más que Moscatel (datos no mostrados).
- Castellana Blanca, con una brotación precoz, alarga el ciclo (17 días más que Moscatel) hasta alcanzar la madurez en época media, incrementando su demanda de agua (un 20% con respecto a Moscatel). Sin embargo, su conducta anisohídrica le asegura un incremento apreciable en los rendimientos.
- Maquías desarrolla un ciclo largo, como el de Castellana, sólo que, adelantado una semana ya desde la brotación, que es muy precoz. Conocemos la habilidad de este genotipo para optimizar el uso del agua, pero el relativo amplio rango interanual de $\delta^{13}\text{C}$ denota cierta plasticidad para adaptar su EUA a las condiciones de sequía.
- Albillo de Pozo sigue, a cierta distancia, el ciclo corto de Moscatel, incrementando ligeramente el gasto hídrico. Sus $\delta^{13}\text{C}$ más negativos sugieren un comportamiento más anisohídrico.



5. Bibliografía

1. Santesteban, L.G.; Miranda, C.; Barbarin, I.; Royo, J.B. 2015. **Application of the measurement of the natural abundance of stable isotopes in viticulture: a review.** Aust. J. Grape Wine Res., 21, 157–167. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12124>
2. Farquhar, G. D.; Ehleringer, J. R.; Hubick, K. T. 1982. **On the relationship between carbon isotope discrimination and the intercellular carbon dioxide concentration in leaves.** Aust. J. Plant Physiol., 9, 121–137. <https://doi.org/10.1071/PP9820121>
3. Mena, A. 2013. **Recuperación, caracterización y conservación de variedades de vid (*Vitis vinifera* L.) minoritarias de Castilla-La Mancha.** Tesis Doctoral. Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo.
4. Tonietto, J.; Carbonneau, A. 2004. **A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide.** Agric. For. Meteorol., 124, 81-97. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2003.06.001>
5. 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>
6. Gómez-Alonso, S.; García-Romero, E. 2010. **Effect of irrigation and variety on oxygen ($\delta^{18}\text{O}$) and carbon ($\delta^{13}\text{C}$) stable isotope composition of grapes cultivated in a warm climate.** Aust. J. Grape Wine Res., 16, 283–289. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2009.00089.x>
7. OIV. 2019. **Compendium of International Methods of Wine and Must Analysis.** International Organisation of Vine and Wine, Paris.
8. Plantevin, M., Gowdy, M., Destrac-Irvine, A., Marguerit, E., Gambetta, G.A., van Leeuwen, C. 2022. **Using $\delta^{13}\text{C}$ and hydroscares for discriminating cultivar specific drought responses.** OENO One 56, 239-250. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2022.56.2.5434>

6. 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, MINORVIN.

A. Mena Morales quiere agradecer la financiación de su contrato al FEDER regional de CLM del programa operativo 2021-2027, a través del proyecto “Desarrollo de estrategias para la valoración de la capacidad de resiliencia de cultivos leñosos y variedades frente al cambio climático”.

Incidencia de residuos de pesticidas en suelos: técnicas de manejo sostenible para mitigar su impacto

Anxo Vázquez-Arias¹, Emilia Díaz-Losada¹, Emiliano Trigo-Córdoba¹, Victoria Fernández-Fernández², María Ramil², Isaac Rodríguez², M. Dolores Loureiro¹

¹Estación de Viticultura e Enoloxía de Galicia (EVEGA) – Axencia Galega da Calidade Alimentaria (AGACAL). Ponte San Clodio s/n (Leiro, Ourense). Tlf. 988788091. anxo.vazquez.arias@xunta.gal

²Instituto de Investigación en Análisis Químicos y Biológicos (IAQBUS), Universidade de Santiago de Compostela (USC), Constantino Candeira s/n, Campus Vida, 15782 Santiago de Compostela, A Coruña. Tlf. 881814387

Resumen

El impacto sobre el medioambiente del empleo de fitosanitarios de síntesis química en viticultura hace perentorio reducir la contaminación asociada, para lo cual es necesario evaluar, entre otras estrategias, distintas técnicas de manejo del cultivo, que puedan reducir la persistencia de dichos fitosanitarios en suelo.

Con la finalidad de evaluar la influencia del manejo del suelo en la severidad de enfermedades y la persistencia de residuos de los productos fitosanitarios utilizados, se estableció en la EVEGA un campo de ensayo en bloques al azar con tres manejos diferentes de suelo (suelo labrado, cubierta vegetal y suelo labrado con madera trillada enterrada). Se hizo una evaluación de la severidad de enfermedades a lo largo del ciclo vegetativo-productivo, y se muestrearon los suelos a una profundidad de 0-10 cm en dos momentos distintos (julio y noviembre) para el análisis de residuos de fitosanitarios.

El primer año del ensayo (2023) hubo gran afectación del cultivo por mildiu y black rot, no observándose diferencias significativas entre los distintos manejos de suelo tanto en la severidad de enfermedades como en la concentración de residuos de los productos fitosanitarios entre las distintas estrategias de manejo del suelo.

1. Introducción

En la actualidad el uso de productos fitosanitarios es esencial para garantizar la sanidad del viñedo y obtener producciones rentables. Uno de los inconvenientes del uso de fitosanitarios de síntesis química es la posible contaminación de suelo y aguas, además del efecto sobre otros organismos diferentes del patógeno a controlar.

Con el propósito de avanzar hacia un modelo agrícola más respetuoso con el medioambiente, la Comunidad Europea creó el Pacto Verde Europeo, en el cual se incluye la Estrategia “De la granja a la mesa”. Entre sus objetivos se encuentra reducir el uso y el riesgo globales de los plaguicidas químicos, así como el uso de plaguicidas más peligrosos.

Estudios previos han constatado que la adición de materia orgánica en el suelo mejora la adsorción y degradación de los pesticidas. La enmienda con restos de materia orgánica en el viñedo, como los restos de poda, puede reducir el impacto de los pesticidas químicos y contribuir a un manejo sostenible del cultivo (Vischetti y col., 2020). Por otra parte, la utilización de cubiertas vegetales incrementa el carbono orgánico del suelo y puede además determinar una reducción de la severidad de enfermedades (Abad y col., 2021).



El objetivo de este trabajo es aumentar el conocimiento de la relación entre el manejo del suelo del viñedo con 1) la severidad de las principales enfermedades que afectan al viñedo en Galicia: mildiu (*Plasmopara viticola* (Berk. & M. A. Curtis) Berl. & de Toni), oídio (*Erysiphe necator* Schwein.), black rot (*Phyllosticta ampellicida* (Engelm.) Aa) y botritis (*Botrytis cinerea* Pers.); 2) el comportamiento de los pesticidas de síntesis química aplicados en el viñedo que puedan acumularse en la capa superficial del suelo (0 – 10 cm.).

2. Material y Métodos

2.1 Localización del ensayo y diseño experimental

El experimento se está llevando a cabo en la finca de la Estación de Viticultura e Enología de Galicia (EVEGA) en una plantación de la variedad Brancellao injertada en 101-14 Millardet et Grasset (*V. riparia* x *V. rupestris*), con un marco de plantación de 2.50 m x 1 m. El viñedo está conducido en espaldera, con formación en cordón Royat simple y poda a seis pulgares de dos yemas cada uno.

Se establecieron tres sistemas distintos del manejo del suelo en bloques aleatorizados, con tres repeticiones de 28 cepas por tratamiento: T1) cubierta vegetal espontánea en la calle, durante todo el año, con siegas para evitar el sobrecrecimiento; T2) se realizaron labrados de tierra a lo largo del año para mantener el suelo desnudo; T3) se realizó un laboreo idéntico al manejo T2, pero se procedió antes de la brotación a aportar restos de poda trillados que se enterraron a 20 cm de la línea de cepas.

2.2 Evaluación del estado sanitario del viñedo

Para el seguimiento de la severidad de enfermedades en el viñedo a lo largo del ciclo vegetativo-productivo se siguieron las pautas de evaluación PP1/031(3) (EPPO, 2001). Se realizaron un total de 6 muestreos: 12/05/2023, 25/05/2023, 08/06/2023, 21/06/2023, 28/06/2023 y 31/07/2023.

2.3 Pesticidas aplicados en la parcela experimental

La aplicación de productos fitosanitarios se realizó entre los meses de abril a agosto de 2023. Se utilizaron un total de 14 productos (fungicidas e insecticidas), que suman un total de 16 materias activas (Tabla 1). Se realizaron un total de 14 aplicaciones desde abril a agosto.

2.3 Muestreo de suelo

Las muestras de suelo para el análisis de residuos de pesticidas se recogieron en dos épocas, julio y noviembre. La toma de muestras se realizó de 0-10 cm de profundidad con la ayuda de una sonda Edelman. Se tomaron muestras en 6 puntos de cada repetición que se mezclaron para determinar los residuos de los fitosanitarios.

**Tabla 1. Lista de productos fitosanitarios utilizados con su formulación, organismo objetivo y número de tratamientos.**

Producto (Fabricante)	Materia activa	Patógeno objetivo	N.º de aplicaciones	Fecha aplicación
Ampexio® (SYNGENTA)	*Mandipropamida 25% y *Zoxamida 24%	<i>P. viticola</i>	2	19/05/2023 12/06/2023
Cabrio® (BASF)	*Piraclostrobin 25%	<i>E. necator</i>	1	29/05/2023
Delan® Pro (BASF)	Ditianona 12,5 % y Fosfonato potásico 56,1 %	<i>P. viticola</i> , <i>P. ampellicida</i> , <i>Phomopsis viticola</i>	1	30/06/2023
Enervin® (BASF)	*Ametoctradin 20%	<i>P. viticola</i>	2	21/06/2023 06/07/2023
Fakir EC® (SIPCAM)	Deltametrina 2,5%	<i>Lobesia botrana</i>	1	31/05/2023
Flecha® (ASCENZA)	*Kresoxim-metil 50%	<i>E. necator</i> , <i>P. Ampellicida</i>	2	27/07/2023 11/08/2023
Fosetil AL 80 SIPCAM	Fosetil-Al 80%	<i>P. viticola</i>	1	28/04/2023
Luqsazufre (LUQSA) / ThiovitJet® (SYNGENTA)	Azufre 80%	<i>E. necator</i>	4	28/04/2023 21/06/2023 06/07/2023 15/07/2023
Platinum Flow (SPACHEM)	Oxicloruro de cobre 70%	<i>P. viticola</i>	3	15/07/2023 27/07/2023 11/08/2023
Prolectus® (KENOGARD)	*Fenpirazamina 50%	<i>B. cinerea</i>	2	30/06/2023 25/08/2023
Tempio® F (GOWAN)	*Benalaxil 3,75 % y Folpet 48%	<i>P. viticola</i>	1	12/05/2023
Tricco® (GOWAN)	*Cimoxanilo 45%	<i>P. viticola</i>	1	05/05/2023
Vivando® (BASF)	*Metrafenona 50 %	<i>E. necator</i>	3	19/05/2023 12/06/2023 30/06/2023

*Materias activas determinadas

2.3 Análisis de muestras de pesticidas

La determinación de residuos de plaguicidas en muestras de suelos se realizó sobre la fracción con tamaño de partícula inferior a 2 mm, después de una etapa de liofilización. La metodología de preparación de muestra consistió en una extracción con acetonitrilo, conteniendo un 2.5% de ácido fórmico, mediante la metodología QuEChERS, sin etapa posterior de purificación del extracto obtenido.

El tamaño de muestra empleado fue de 5 g y la determinación de los compuestos en el extracto obtenido se llevó a cabo mediante cromatografía líquida (LC), acoplada a un espectrómetro de masas de tipo triple cuadrupolo (QqQ), empleando un procedimiento multiresiduo que cubre la determinación de 50 fitosanitarios diferentes, usando análogos marcados



con deuterio, o ^{13}C , para una docena de ellos. Para cada compuesto se registró una transición de cuantificación y otra de cualificación. Los límites de cuantificación alcanzados se situaron entre 0.4 ng/g (Benalaxil y Zoxamida) y 15 ng/g (Kresoxim-metil), referidos a peso seco de suelo.

2.4 Análisis estadístico

Para el tratamiento estadístico de datos se utilizó el programa R v4.3.2 (R Core Team, 2023). La comprobación de la normalidad de los datos se realizó con el Test de Shapiro-Wilk. Para los datos que seguían una distribución normal se realizó un ANOVA para la observación de diferencias significativas ($p < 0,05$). Para aquellos parámetros que no siguen una distribución normal se empleó la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis.

3. Resultados

3.1 Influencia del manejo del suelo sobre la incidencia y severidad de enfermedades en el viñedo

Entre los meses de mayo a agosto de 2023 se hizo el seguimiento de enfermedades, observándose una incidencia prácticamente nula de *E. necator* y *B. cinerea*, y una elevada incidencia de *P. viticola* y *P. ampelícida*. En la Fig. 1 se muestran los resultados de la severidad de *P. viticola* y *P. ampelícida* en hoja y racimo en los tres últimos muestreos realizados. El análisis estadístico de los datos de severidad de estas enfermedades no mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos en ninguna de las fechas de muestreo.

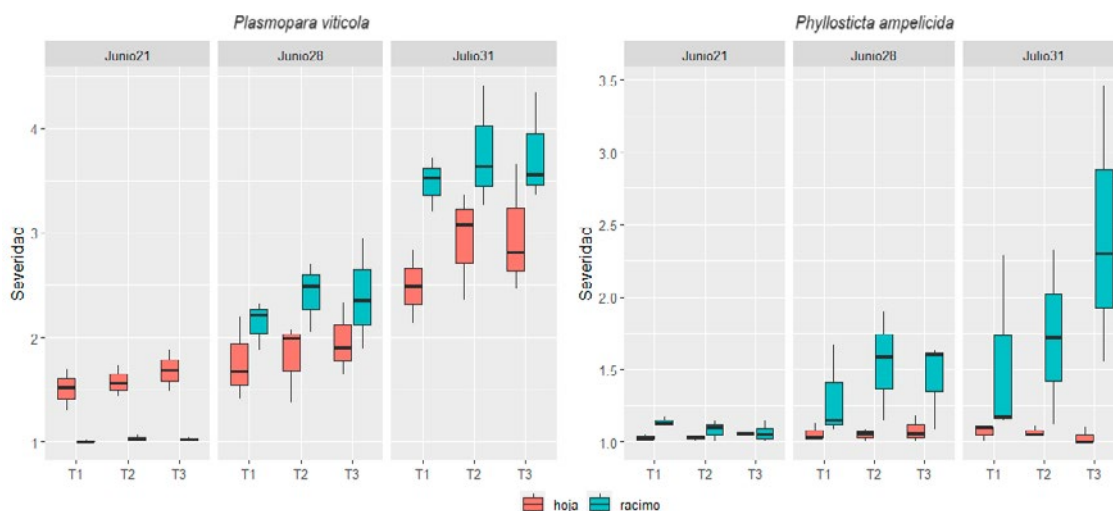


Fig. 1. Severidad en hoja y racimo de *P. viticola* y *P. ampelícida* según el manejo de suelo.

3.2 Presencia de residuos de pesticidas en suelo

Respecto las materias activas consideradas en el método de determinación (Tabla 1), los fungicidas Cimoxanilo y Kresoxim-metil no fueron detectados en ninguna de las muestras de suelo procesadas. En la tabla 2 se muestra la concentración en ng/g suelo de los diferentes pesticidas determinados para cada tipo de manejo de suelo y en la Fig. 2 la contribución de cada pesticida al total de residuos evaluados. Se detectó una mayor concentración de residuos de pesticidas en el muestreo de julio, época en la que el número de aplicaciones de pesticidas es elevado, que en



noviembre. No se han observado diferencias significativas entre los distintos manejos del suelo y la concentración de cada uno de los residuos de pesticidas ($p < 0,05$). En julio sólo tres materias activas, Benalaxil, Piraclostrobin y Zoxamida, presentan concentraciones en torno o inferiores a 10 ng/g suelo, mientras que en noviembre todas las materias activas detectadas están en concentración inferior a 4 ng/g suelo, a excepción de la Metrafenona.

Con Ametoctradin se realizaron dos aplicaciones durante la campaña, todas ellas antes del muestreo de julio (Tabla 1). Destaca como el residuo más abundante en todos los tratamientos en julio (Fig. 2), a pesar de estar considerada como una sustancia activa de baja persistencia (EFSA, 2012a). Esto puede deberse a que la última aplicación se realizó 5 días antes del muestreo. Se sigue detectando en el muestreo de noviembre, pero se reduce considerablemente su concentración en todos los tratamientos (T1 - 98,9 %, T2 - 98,8 % y T3 - 99,3 %) (Tabla 2).

El Benalaxil presenta una concentración baja en todos los tratamientos en julio (<4 ng/g suelo) (Tabla 2). Sólo se aplica en una ocasión 60 días antes del muestreo. Está considerada una materia activa con una persistencia en el suelo de moderada a alta (EFSA, 2020). En el muestreo de noviembre no se ha detectado en los dos tratamientos que incorporan materia orgánica (T1 y T3), sólo se detectó en el tratamiento T2, donde se ha producido una reducción de esta materia activa de un 66,6 %.

La Fenpirazamina manifiesta una persistencia moderada en el suelo (EFSA, 2012b) Se aplicó en dos ocasiones, 11 días antes del muestreo de julio y 82 días antes del muestreo de noviembre (Tabla 1). Se detectó en los dos muestreos, con una reducción elevada y similar en los tres grupos (Tabla 2).

Mandipropamida y Zoxamida se aplicaron en dos ocasiones, 53 y 29 días antes del muestreo de julio. Ambas materias activas presentan una persistencia en el suelo de baja a media (EFSA 2012c, 2017). La concentración aplicada de ambas materias activas ha sido similar; sin embargo, se observa un comportamiento diferente, detectándose una concentración de Mandipropamida en suelo en el mes de julio en torno a 15 veces superior a la de Zoxamida (Fig. 2). Respecto al muestreo de noviembre, la Mandipropamida se reduce de forma similar en los tres tratamientos T1 – 97 %, T3 – 95,9 % y T2 – 94,5 % (Tabla 2). En el muestreo de julio sólo se detecta Zoxamida en los tratamientos T1 y T3, situación inversa al muestreo de noviembre, donde no se detecta en estos tratamientos y en cambio sí en el tratamiento T2, en una cantidad muy próxima al límite de cuantificación.

Tabla 2. Concentración de las materias activas en los muestreos de julio y noviembre y porcentaje de reducción

Materia activa	Manejo	Concentración julio (ng/g suelo)	Concentración noviembre (ng/g suelo)	Reducción concentración (%)
Ametoctradin	T1	215,75	2,40	98,9 %
	T2	157,95	1,90	98,8 %
	T3	295,75	2,13	99,3 %
Benalaxil	T1	3,90	n.d.	100 %



	T2	3,63	1,21	66,6 %
	T3	2,45	n.d.	100 %
Fenpirazamina	T1	75,38	3,52	95,3 %
	T2	50,30	1,82	96,4 %
	T3	49,58	1,73	96,5 %
Mandipropamida	T1	70,00	2,10	97,0 %
	T2	40,33	2,23	94,5 %
	T3	55,08	2,28	95,9 %
Metrafenona	T1	98,93	10,84	89,0 %
	T2	70,38	12,20	82,7 %
	T3	94,30	11,47	87,8 %
Piraclostrobin	T1	10,33	1,10	89,3 %
	T2	5,68	0,65	88,5 %
	T3	8,20	1,65	79,9 %
Zoxamida	T1	3,86	n.d.	100%
	T2	n.d.	0,45	
	T3	3,88	n.d.	100 %

N.d.: "no detectado".

La Metrafenona presenta una persistencia en el suelo de moderada a alta (EFSA, 2023). Se aplicó en tres ocasiones, a 53, 29 y 11 días antes del muestreo de julio (Tabla 1). En dicho muestreo es la materia activa con la segunda mayor concentración proporcionalmente en los tres tratamientos, y pasa a ser la mayoritaria en el muestreo de noviembre (Fig. 2). Su concentración se reduce en los tres tratamientos, presentando una mayor reducción en aquellos que incorporan materia orgánica (T1 - 89 % y T3 - 87,8 %) respecto al de suelo desnudo (T2 - 82,7 %).

El Piraclostrobin sólo se aplicó una vez, 43 días antes del muestreo de julio (Tabla 1). Se detectó una baja concentración en julio que se redujo en el muestreo de noviembre en mayor proporción en los tratamientos T1 (89,3 %) y T2 (88,5 %), mientras que en T3 se redujo un 79,9 % (Tabla 2).

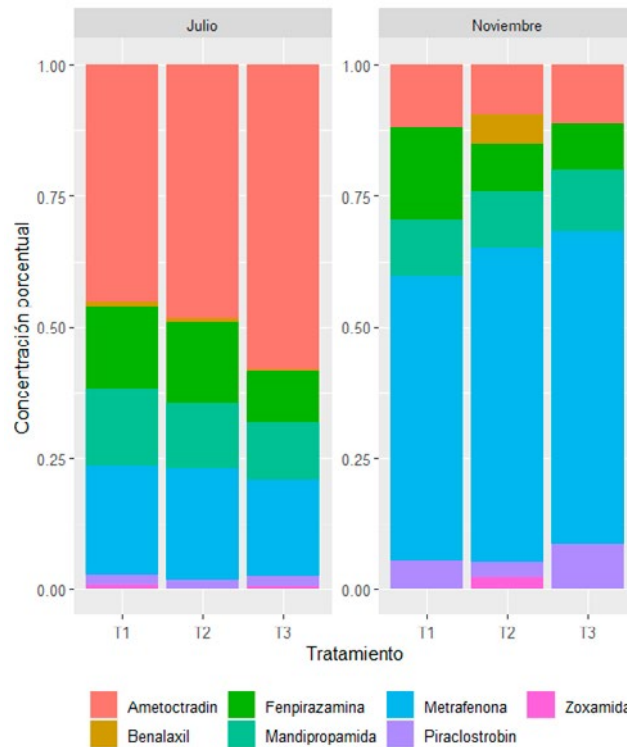


Fig. 2. Concentración porcentual de los residuos de pesticidas según el tipo de tratamiento.

4. Conclusiones

En el primer año del ensayo no se han detectado diferencias significativas en cuanto a la severidad de enfermedades fúngicas (*P. viticola* y *P. ampellicida*) en el viñedo entre los distintos manejos del suelo.

Tampoco se han observado diferencias significativas respecto de la cantidad de residuos de pesticidas en el suelo entre los distintos manejos de suelo. Se ha observado una reducción similar en los tres tratamientos de Ametoctradin, Fenpirazamina y Mandipropamida de julio a noviembre. Los tratamientos que incorporan materia orgánica presentaron una mayor reducción de las materias activas Benalaxil y Metrafenona. El Piraclostrobin ha sido la única materia activa que ha presentado una menor reducción en el tratamiento T3, respecto a una reducción similar de los tratamientos T1 y T2.

5. Bibliografía

1. Abad, J., Hermoso De Mendoza, I., Marín, D., Orcaray, L., Santesteban, L.G., 2021. **Cover crops in viticulture. A systematic review (2): Implications on vineyard agronomic performance.** OENO One 55, 1–27.
2. European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). 2001. **Guidelines for the efficacy evaluation of fungicides. Plasmopara viticola.** EPPO Bull. 31, 313–317.



3. European Food Safety Authority (EFSA). 2012a. **Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance ametoctradin (BAS 650 F)**. EFSA J., 10, 2921.
4. European Food Safety Authority (EFSA). 2012b. **Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance fenpyrazamine**. EFSA J., 10, 2496.
5. European Food Safety Authority (EFSA). 2012c. **Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance mandipropamid**. EFSA J., 10, 2935.
6. European Food Safety Authority (EFSA). 2017. **Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance zoxamyde**. EFSA J., 15, 4980.
7. European Food Safety Authority (EFSA). 2020. **Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance benalaxyl**. EFSA J., 18, 5985.
8. European Food Safety Authority (EFSA). 2023. **Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance metrafenone**. EFSA J., 21, 8012.
9. R Core Team (2023). **R: A language and environment for statistical computing. R v4.3.2**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (<https://www.R-project.org/>)
10. Vischetti, C., Monaci, E., Casucci, C., De Bernardi, A., Cardinali, A., 2020. **Adsorption and Degradation of Three Pesticides in a Vineyard Soil and in an Organic Biomix**. Environments 7, 113.

6. Agradecimientos

Trabajo y contrato predoctoral de Victoria Fernández financiados con cargo al proyecto TED2021-129962B, (Diagnóstico y mitigación de la contaminación de suelos y aguas por pesticidas aplicados en viticultura. VITICONTROL) financiado por la Agencia Estatal de Investigación dentro de la convocatoria de Transición Ecológica. Anxo Vázquez Arias está financiado por la Agencia Estatal de Investigación con un contrato predoctoral del Subprograma Estatal de Formación del Programa Estatal de Desarrollar, Atraer y Retener Talento, en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2021-2023, Ref. PRE2022-103198. María Dolores Loureiro Rodríguez está cofinanciada por la Xunta de Galicia mediante Resolución de la Axencia Galega de Innovación del 1 de marzo de 2021 (Programa Talento senior).

Efectos interactivos en condiciones de sequía de las cubiertas vegetales y el portainjerto sobre la productividad y composición de la uva ‘Bobal’

Camilo Chirivella^{1,*}, Ignacio Buesa³, Susana Pedrón², Alfons Domínguez⁴, Fernando Amorós⁴, Faustino Pozas⁴, Raúl Ferrer-Gallego³, Antonio Yeves³, Felipe Sanz⁵, Diego Guerra⁵ y Diego S. Intrigliolo³

¹*Instituto Tecnológico de Viticultura y Enología, Servicio de Producción Ecológica, Innovación y Tecnología, Valencia*

²*Instituto Tecnológico de Viticultura y Enología, Servicio de Control de Calidad Agroalimentaria, Valencia*

³*Departamento de Ecología y Cambio Global, Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE)(CSIC-UV-GVA), Ctra. Moncada, 46113, Valencia*

⁴*Estación Experimental Agraria-Carcaixent. Servicio de Producción Ecológica, Innovación y Tecnología. Valencia.*

⁵*Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Servicio de Tecnología del Riego (STR)(GVA), GVA,*

Ctra. Moncada, 46113, Valencia

**chirivella_cam@gva.es*

Resumen

Las cubiertas vegetales en el viñedo incrementan la biodiversidad, el contenido de materia orgánica del suelo, reduce su erodabilidad, etc. Sin embargo, sus efectos sobre el balance hídrico y nutricional cuestionan su establecimiento bajo condiciones semiáridas mediterráneas. Este experimento evaluó los efectos de las cubiertas vegetales espontáneas sobre la respuesta agronómica de la variedad Bobal bajo la hipótesis de que el portainjerto pudiera condicionarla. Para ello, en 2023 se evaluaron los efectos de las cubiertas vegetales sobre la producción y sus componentes, el peso de madera de poda y la composición de la uva. El experimento constaba de dos factores experimentales, ambos con tres niveles. El factor manejo del suelo: i) Labrado; ii) Semi-labrado: cubierta vegetal en filas alternas; iii) Cubierta vegetal; y el factor portainjerto: i) 110-Richter; ii) 140-Ruggeri; iii) 161-49-Couderc. Los resultados evidenciaron la tendencia de las cubiertas vegetales en reducir la productividad de las cepas de Bobal cuando se injertaron en 110R y 161-49C, pero no en 140Ru. Los resultados en la composición de la uva no fueron concluyentes. El experimento continúa para confirmar los efectos interactivos entre cubiertas vegetales y portainjertos en campañas menos secas.

1. Introducción

El cambio climático, junto a la mayor inquietud medio ambiental de la sociedad actual, favorecen la aceptación de prácticas de cultivo más respetuosas con el medio ambiente. Entre sus objetivos se encuentra la reducción de la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, la mejora de la salud del suelo, el incremento de la biodiversidad, etc.

Dentro de este enfoque de agricultura sostenible destacan las prácticas de manejo del suelo mediante cubiertas vegetales. Estas pueden contribuir a la disminución de la erosión del suelo o permitir la entrada de maquinaria en climatologías muy lluviosas, al incremento de la materia orgánica en el suelo y captura de CO₂ atmosférico, al aumento de la biodiversidad y reducción de biocidas aplicados en los cultivos, etc. Sin embargo, las cubiertas vegetales también pueden tener efectos negativos sobre el balance hídrico y nutricional de los agroecosistemas, lo que cuestiona su establecimiento en climas mediterráneos y semiáridos, caracterizados por la escasez hídrica.



La variedad Bobal es la predominante en la comarca de Utiel-Requena, Valencia, muy bien adaptada a las condiciones edafoclimáticas de la zona. Su respuesta productiva y enológica depende en gran medida de su estado hídrico (Salón et al. 2005; Pérez-Álvarez et al. 2021). Por ello, resulta especialmente interesante evaluar los efectos del manejo del suelo en esta variedad.

Por otra parte, una estrategia muy prometedora de adaptación de la viticultura al cambio climático es la utilización de portainjertos más eficientes en el uso de los recursos hídricos y nutricionales (Romero et al. 2018; Buesa et al. 2023). No obstante, existe muy poco conocimiento sobre el uso de diferentes portainjertos en viñedos con cubiertas vegetales establecidas.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta agronómica de un viñedo de la variedad Bobal injertada sobre diferentes portainjertos bajo un manejo de suelo desnudo (labrado), semi-labrado y de cubiertas vegetales espontáneas. La hipótesis de partida fue que los portainjertos podrían no afectar a la respuesta del viñedo de forma consistente bajo diferentes manejos de suelo, al igual que no lo hacen a las estrategias de riego deficitario (Romero et al. 2019).

2. Material y Métodos

El experimento se ha llevado a cabo durante 2023 en el campo de experiencias de 'El Rebollar', situado junto a la autovía A-3, en las inmediaciones de la aldea del mismo nombre en el término municipal de Requena (Valencia), en un viñedo de la variedad **Bobal** sobre los portainjertos 140 Ruggeri (140Ru), 110 Richter (110R) y 161-49 Couderc (161-49C). La plantación tiene cuarenta años, con sistema de conducción en vaso y un marco de plantación de 2.5 x 2.5 m, lo que se corresponde a una densidad de plantación de 1.600 cepas/ha, y está cultivada en secano.

El suelo del viñedo era un franco-arenoso relativamente homogéneo y profundo (>2 m). El suelo era calcáreo (pH de 8,7) y con baja fertilidad (0,5% en contenido de materia orgánica). Las propiedades físicas y químicas del suelo se presentan en la Tabla 1.

El clima en esta zona se clasifica como clima vitícola templado-cálido, con noches frescas y moderadamente secas según la clasificación de Tonietto y Carbonneau (2004). La precipitación anual y la evapotranspiración de referencia (ET_0) promedio de los últimos 20 años es de 398 y 1095 mm, respectivamente. En 2023, la precipitación fue de 299 mm, con una ET_0 de 1235 mm, y por tanto un año caracterizado como seco.

El diseño experimental constó de tres bloques de 30-40 cepas por portainjerto (140Ru, 110R y 161-49C). Cada bloque comprendía tres manejos de suelo: i) Labrado; ii) Semi-labrado, que corresponde a las hileras divisorias entre labrado y no labrado; y iii) Cubierta vegetal. Por tanto, el experimento constó de 9 tratamientos, combinación del factor portainjerto y del factor manejo del suelo, con 3 repeticiones. El manejo del suelo diferencial se estableció en el otoño de 2021. La labranza fue superficial, realizada un par de veces durante la campaña de 2023. Las filas no labradas no fueron sembradas, por lo que la cubierta existente se corresponde a flora espontánea, que se ha segado en dos ocasiones durante el ciclo de cultivo. Las especies identificadas en la parcela fueron *Diploaxis erucoides*, *Papaver rhoeas*, *Muscari negletum*, *Sileni vulgaris*, *Capsella bursapastoris*, *Hordeum leporium* y *Taroxacum officiale*.



Las determinaciones realizadas en el viñedo consistieron en el conteo del número de racimos, peso medio de racimo, peso medio de baya y la producción en el momento de la vendimia para cada cepa. El peso de la madera de poda se determinó en cada cepa experimental en el mes de enero de 2024. El índice de Ravaz se calculó como la ratio entre producción y peso de poda.

La composición de la uva se determinó en todos los tratamientos mediante el muestreo de 100 bayas en cada repetición. En el mosto resultante se analizó el contenido de sólidos solubles totales (S.S.T.) por refractometría, la acidez total (A.T) por titulación ácido-base y el pH.

El análisis estadístico se realizó con el programa informático Statgraphics Centurion XVI. Primero, se confirmó la normalidad de los datos mediante la prueba de Levene y se aplicó un ANOVA multifactorial con los factores portainjerto y manejo del suelo. Como en muchas de las variables analizadas se detectó una interacción significativa ($p < 0.05$) entre factores, los resultados se presentan por tratamiento (combinación de los tres niveles de ambos factores). Cuando el efecto del tratamiento resultó significativo ($p < 0.05$), la separación de medias se realizó mediante el test de Duncan.

3. Resultados

Los diferentes manejos de suelo ensayados provocaron un efecto significativo en la mayoría de los componentes de la producción de las cepas de la variedad Bobal. Sin embargo, en contra de lo esperado, no afectaron significativamente al vigor del viñedo (p -valor = 0.37). Por otro lado, el portainjerto sí afectó significativamente tanto a la productividad como al vigor de las cepas, aunque de forma interactiva. Es decir, se confirmó la hipótesis experimental de que los efectos del manejo del suelo dependen del portainjerto empleado.

En la Figura 2 se representan los resultados de los componentes de la producción y el vigor vegetativo de las cepas incluyendo el análisis estadístico. En lo referente a la producción por cepa se observa una tendencia general a disminuir en respuesta a la presencia de las cubiertas vegetales, ya sean cubriendo totalmente el suelo o sólo parcialmente. Sin embargo, este efecto resulta significativo sólo en los portainjertos 110R y 161-49C cuando se compara el Labrado con la Cubierta vegetal, pero no en el 140Ru. El 140Ru, tendió a incrementar el rendimiento respecto a los otros portainjertos tal y como observaron Romero et al. (2018). Los efectos del Semi-labrado sobre la producción no difirieron significativamente del Labrado ni de la Cubierta vegetal, fueron intermedios.

Las diferencias de producción entre tratamientos se explican parcialmente por la tendencia a reducir el número de racimos por cepa por efecto de las Cubiertas vegetales en comparación a la Labranza (Figura 2). Además, el peso medio de racimo también mostró la misma tendencia, aunque este efecto sólo resultó significativo en el 161-49C. El peso medio de baya curiosamente no se vio afectado ni por el manejo del suelo ni por el portainjerto.

El índice de Ravaz tendió a reducirse por efecto de la Cubierta vegetal en comparación al Labrado en el 110R y 161-49C, con el Semi-labrado mostrando valores intermedios (Figura 2). Sin embargo, las cepas injertadas sobre 140Ru redujeron este índice. Esto se debió a que este portainjerto mitigó las mermas productivas provocadas por las cubiertas vegetales, pero no la reducción del peso de madera de poda. En general, valores del índice de Ravaz de las cepas



superiores a 10 se consideran demasiado elevados para producir una uva de madurez adecuada (Kliewer and Dokoozlian 2005). Los manejos de suelo con Cubiertas vegetales o Semi-labrado provocaron una reducción de este índice en el 110R y 161-49C, lo que equilibra el balance producción-vegetación.

En la Figura 3 se representa la composición tecnológica de la uva junto al correspondiente análisis estadístico. Sorprendentemente, los S.S.T no se vieron afectados ni por el manejo del suelo ni por el portainjerto. No obstante, la A.T y el pH se vieron afectados por la interacción de ambos factores. Esto es debido a que el efecto del manejo del suelo no fue consistente entre portainjertos. Por ejemplo, la A.T. no se vio afectada en ningún tratamiento sobre 161-49C, pero sí sobre el 110R, donde el Semi-labrado la redujo significativamente. El pH de los mostos a su vez se incrementó en el Semi-labrado sobre 110R respecto del resto de manejos de suelo en este portainjerto, sin efectos significativos en el resto de portainjertos.

Estos resultados evidencian que el portainjerto puede condicionar los efectos del manejo del suelo del viñedo. El 140Ru confirió una mayor resiliencia del viñedo de 'Bobal' a los cambios de manejo del suelo que el 110R y 161-49C, probablemente por ser un portainjerto que incrementa el vigor y rendimiento productivo a la variedad en comparación a otros portainjertos comerciales (Romero et al. 2018). Esto podría atribuirse a que este portainjerto confiere mayor capacidad de explorar y absorber los recursos hídricos y nutricionales del suelo en profundidad (Marín et al. 2021) y, por tanto, es menos dependiente de la zona superficial del suelo donde compete con las cubiertas vegetales. En años no tan secos como el 2023, la potencial mejora en la capacidad de infiltración de agua de lluvias torrenciales que provocan las cubiertas vegetales, el 140Ru podría favorecer la optimización del agua acumulada durante el otoño-invierno a profundidades mayores. El experimento sigue en curso para confirmar estos resultados en diferentes campañas.

4. Conclusiones

El establecimiento de cubiertas vegetales en el viñedo y su manejo ha de tener en cuenta el portainjerto empleado, tal y como evidencian los resultados productivos de la variedad Bobal en un año seco.

5. Bibliografía

1. BUESA, I., TORRES, N., TORTOSA, I., MARÍN, D., VILLA-LLOP, A., DOUTHE, C., SANTESTEBAN, L.G., MEDRANO, H. AND ESCALONA, J.M. 2023. **Conventional and newly bred rootstock effects on the ecophysiological response of *Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo.** Agricultural Water Management 289: 108560.
2. KLIEWER, W.M. AND DOKOOZLIAN, N.K. 2005. **Leaf area/crop weight ratios of grapevines: Influence on fruit composition and wine quality.** American Journal of Enology and Viticulture 56(2): 170-181.
3. 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. AND DE HERRALDE, F. 2021. **Challenges of viticulture adaptation to global change: tackling the issue from the roots.** Australian Journal of Grape and Wine Research, 27: 8-25.
4. PÉREZ-ÁLVAREZ, E.P., INTRIGLIOLO MOLINA, D.S., VIVALDI, G.A., GARCÍA-ESPARZA, M.J., LIZAMA, V. AND ÁLVAREZ, I. 2021. **Effects of the irrigation regimes on grapevine**



- cv. Bobal in a Mediterranean climate: I. Water relations, vine performance and grape composition. Agricultural Water Management 248: 106772.**
5. ROMERO, P., BOTÍA, P. AND NAVARRO, J.M. 2018. **Selecting rootstocks to improve vine performance and vineyard sustainability in deficit irrigated Monastrell grapevines under semiarid conditions.** Agricultural Water Management 209: 73-93.
 6. ROMERO, P., BOTÍA, P., DEL AMOR, F.M., GIL-MUÑOZ, R., FLORES, P. AND NAVARRO, J.M. 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.** Agricultural Water Management 225: 105733.
 7. SALÓN, J.L., CHIRIVELLA, C. AND CASTEL, J.R. 2005. **Response of cv. Bobal to timing of deficit irrigation in Requena, Spain: water relations, yield, and wine quality.** American Journal of Enology and Viticulture 56(1): 1-8.
 8. TONIETTO, J. AND CARBONNEAU, A. 2004. **A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide.** Agricultural and Forest Meteorology 124(1): 81-97.

6. Agradecimientos

Esta investigación se ha llevado a cabo dentro de los proyectos coordinados de I+D+i (PDC2021-121210-C21) y (PDC2021-121210-C22) financiados por MICIN/AEI 10.13039/501100011033 y la Unión Europea Next GenerationEU/PTR.



Tablas y Figuras

Tabla 1. Características fisico-químicas del suelo de la parcela experimental de El Rebollar, Requena, Valencia.

	SUELO	SUBSUELO
Color	Rojo Amarillento	Rojo Amarillento
% Arena (2-0,005 mm)	65,3	63,01
% Limo (0,05-0,002 mm)	18,5	18,3
% Arcilla (<0,002)	16,2	18,6
Clasificación textura	Franc./ Arc./ Are.	Franc./ Arc./ Are.
Capacidad de retención de agua (%)	33,08	28,23
pH saturación de agua (%)	8,6	8,7
Materia orgánica	0,52	0,44
Fósforo soluble	34	48
Potasio	236	168
Cal total	6,4	12,8
Cal activa	2,1	4,3
Conductividad	0,092	0,099



Fig. 1. Fotografía aérea del viñedo experimental de El Rebollar, Requena, Valencia, en 2023.

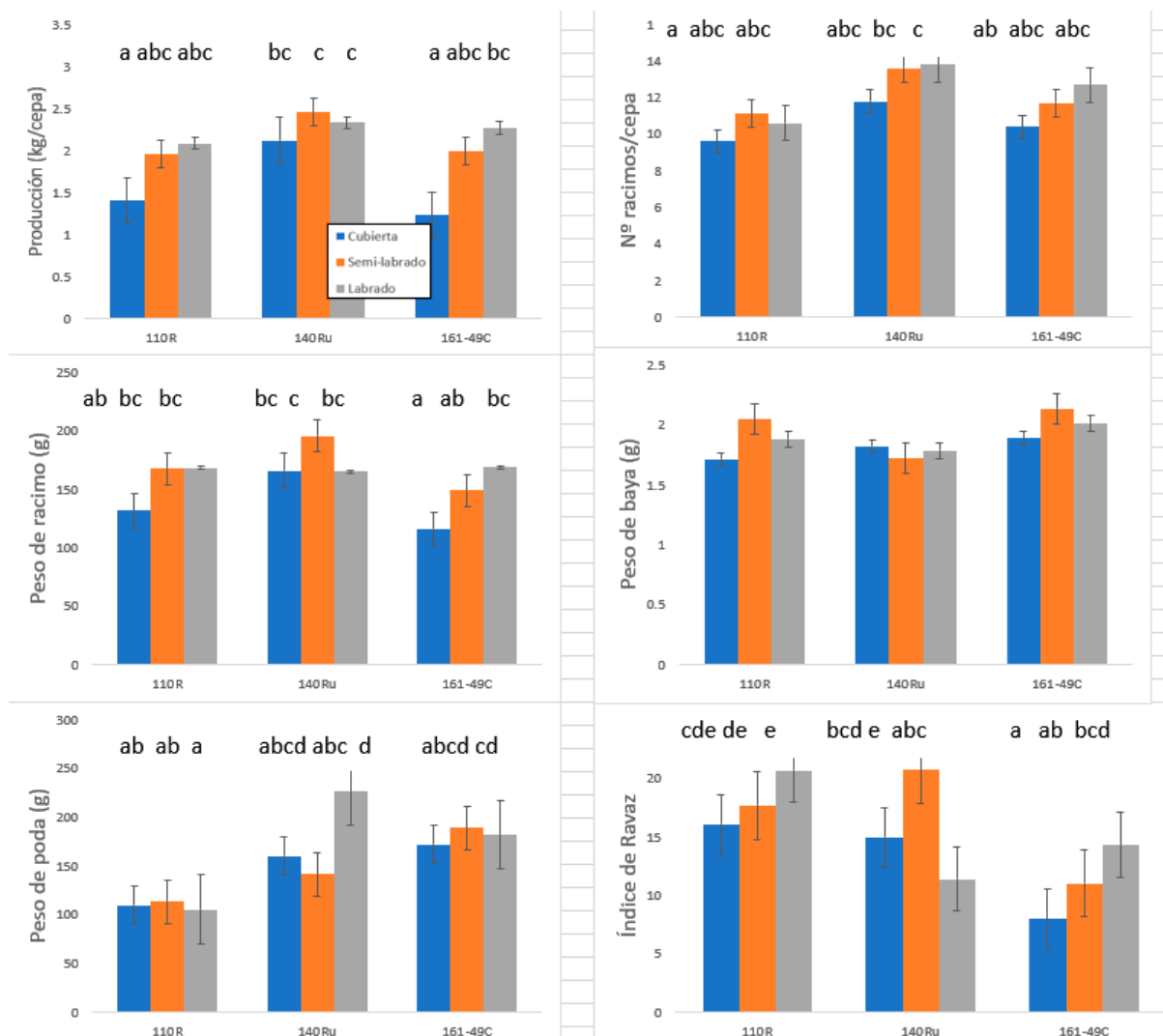


Fig. 2. Componentes de la producción y de vigor vegetativo de las cepas.

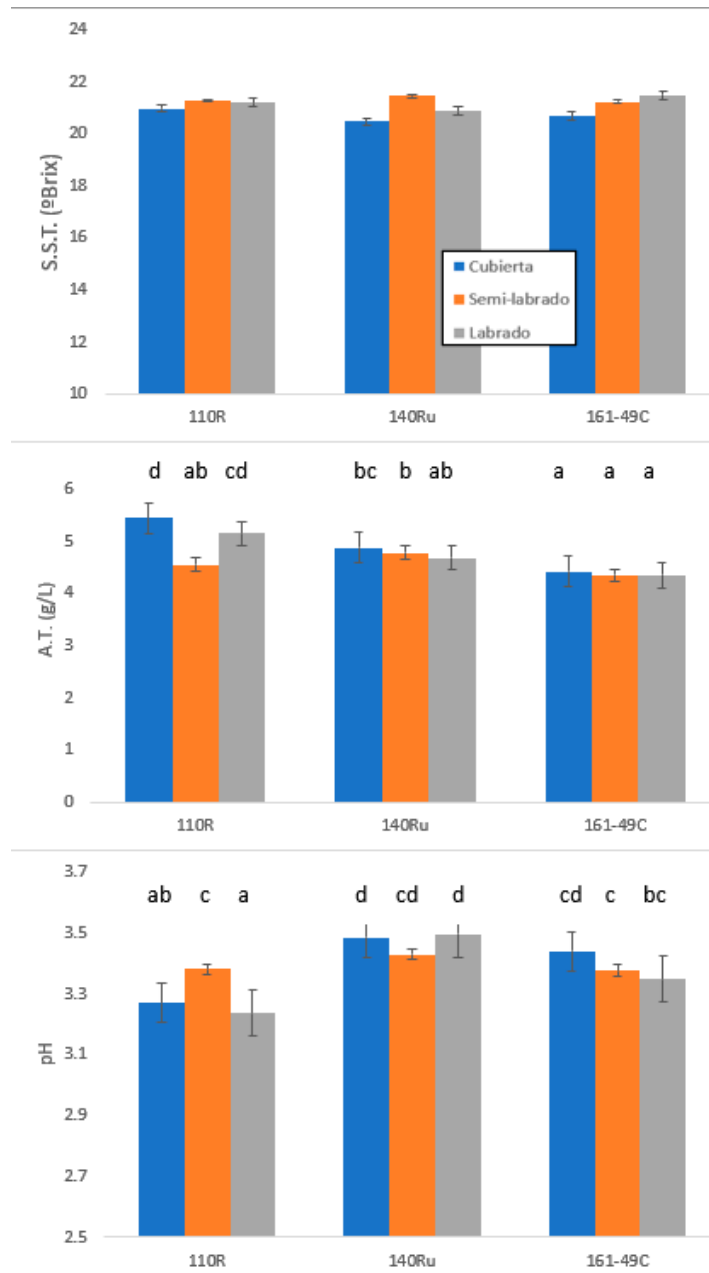


Fig. 3. Composición tecnológica de la uva.

Protección de heridas de poda contra infecciones naturales por hongos de la madera de la vid

Catarina Leal¹, Rebeca Bujanda¹, B. López-Manzanares¹, Sonia Ojeda¹, Mónica Berbegal², Ana Villa-Llop³, Luis Gonzaga Santesteban³, Julián Palacios⁴, David Gramaje¹

¹Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV), Consejo Superior de Investigaciones Científicas - Universidad de La Rioja - Gobierno de La Rioja, Ctra. de Burgos Km. 6, 26007 Logroño, Spain.

²Instituto Agroforestal Mediterráneo, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera S/N, 46022 Valencia, Spain.

³Departamento de Agronomía, Biotecnología y Alimentación, Universidad Pública de Navarra (UPNA), Campus Arrosadía, 31006 Pamplona, Spain.

⁴Viticultura Viva S.L., Calle 13 de septiembre, 3, 31495 San Martín de Unx, Spain.

Resumen

Los cortes de poda constituyen la vía habitual de entrada de los hongos causantes de las enfermedades de la madera de la vid (EMV). En el presente trabajo, se evaluó por primera vez la eficacia de distintos tratamientos físicos, químicos y biológicos para la protección de heridas de poda en condiciones de infección natural en dos viñedos durante tres campañas: un mástic, Bloccade®, un fungicida, Tessior® (boscalida + piraclostrobin), y tres productos de control biológico (ACB) basados en especies de *Trichoderma* (Esquive®, Vintec® y Blindar®). Se obtuvieron más de 1.200 aislados fúngicos en cada viñedo y campaña asociados a cinco EMV: yesca, decaimiento por *Botryosphaeria*, excoriosis, eutipiosis y chancros causados por *Cytospora*. Ninguno de los productos evaluados mostró una eficacia completa contra todas las EMV. El ACB *T. atroviride* I-1237 (Esquive®) fue eficaz para reducir la infección por *Botryosphaeriaceae* spp. a lo largo de cada campaña de estudio en los dos viñedos. Los porcentajes de reaislamiento de *Trichoderma* spp. en plantas tratadas fueron altamente variables, oscilando entre el 17% y el 100%, siendo ambas cepas de *T. atroviride* (SC1 y I-1237) las que presentaron las tasas de reaislamiento más altas.

1. Introducción

Las enfermedades de la madera de la vid (EMV) constituyen una amenaza significativa para la sostenibilidad de los viñedos y son la principal causa de decaimiento de las cepas. Estas enfermedades, provocadas por diversos patógenos fúngicos, reducen la productividad de los viñedos, resultando en muchos casos en la muerte de pulgares, brazos e incluso de la planta entera (Gramaje et al. 2018). El manejo de las EMV no es sencillo y se presenta como uno de los principales desafíos para viticultores, viveros y científicos, dada su complejidad en comparación con otras enfermedades de la vid como el oídio y el mildiu (Bertsch et al. 2013). Un aspecto particularmente intrigante y controvertido de las EMV es su período de latencia indefinido, a menudo referido como la fase asintomática (Hrycan et al. 2020). No es raro observar síntomas en vid una campaña, y no ver manifestaciones en la siguiente, debido principalmente a factores ambientales, climáticos y culturales (Sosnowski et al. 2011; Murolo et al. 2014). Por lo tanto, evaluar con precisión la verdadera incidencia de las EMV en un viñedo durante una campaña específica es complicado, lo que puede conducir a una subestimación de su impacto general.



Las EMV, como el decaimiento por *Botryosphaeria*, la eutipiosis o la yesca, están fuertemente influenciadas por las prácticas de manejo en los viñedos. Entre estas, la poda de invierno es especialmente crítica, ya que las heridas resultantes pueden servir como vías de entrada para los patógenos a través de sus esporas aerovagantes (Gramaje et al. 2018). Los cuerpos fructíferos de estos patógenos se desarrollan en diversas partes de la vid, lo que facilita la liberación de esporas, un proceso que es estimulado por factores ambientales como la lluvia y la temperatura (Eskalen y Gubler 2001; González-Domínguez et al. 2021). Estas esporas pueden infectar las cepas a través de heridas de poda, que pueden permanecer vulnerables durante cuatro meses, dependiendo del momento en que se realice la poda y del tipo de patógeno involucrado (Úrbez-Torres y Gubler 2011).

Asegurar la protección de las heridas de poda es crucial para la gestión eficaz de las EMV, especialmente cuando se implementan medidas preventivas en las fases tempranas del cultivo (Kaplan et al. 2016; Sosnowski y McCarthy 2017). Tradicionalmente, se ha recurrido al uso de fungicidas en las heridas de poda para prevenir infecciones por estos patógenos (Gramaje et al. 2018). Sin embargo, debido a las preocupaciones ambientales relacionadas con el uso excesivo de químicos sintéticos y sus potenciales riesgos para la salud humana y el ecosistema, se han impuesto regulaciones estrictas sobre su uso. En consecuencia, existe una necesidad crítica de explorar alternativas sostenibles para el control de las EMV. Una de estas alternativas es el control biológico, habiéndose demostrado ya que algunos microorganismos beneficiosos pueden colonizar los tejidos leñosos y ofrecer una actividad protectora de amplio espectro y larga duración contra estos patógenos. El principal agente de control biológico (ACB) utilizado en viñedos para proteger heridas de poda comprende diversas especies del género *Trichoderma*. *Trichoderma* actúa principalmente a través del micoparasitismo y la antibiosis, estrategias mediante las cuales compite con los hongos patógenos y los parasita mientras produce compuestos antifúngicos que suprimen su crecimiento (Sood et al. 2020). Además, estas especies no solo compiten por espacio y nutrientes, sino que también pueden inducir resistencia sistémica en las plantas (Vinale et al. 2008).

Varios estudios han demostrado la efectividad de *Trichoderma* spp. en proteger heridas de poda contra infecciones asociadas a las EMV. Entre estos se incluyen los trabajos de Mutawila et al. (2016), Úrbez-Torres et al. (2020), Blundell y Eskalen (2022), y Pollard-Flamand et al. (2023). Aunque estos estudios destacan avances significativos sobre el potencial de los ACB para proteger heridas de poda, la mayoría se basa en infecciones patógenas artificiales, que no replican fielmente las condiciones de infecciones naturales. La hipótesis de este estudio es que el comportamiento y la efectividad de los productos evaluados para proteger heridas de poda varían según la región vinícola, la campaña de crecimiento, y los patógenos presentes en cada viñedo. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar y comparar la eficacia de diversas formulaciones líquidas de fungicidas, tratamientos en pasta, y ACB registrados y autorizados en Europa en la prevención de la infección natural de heridas de poda por hongos asociados a las EMV. Los ensayos de campo se llevaron a cabo en Francia y España durante tres campañas.



2. Material y Métodos

2.1 Localización y características de los viñedos experimentales

Los ensayos se realizaron en dos viñedos comerciales ubicados en Samaniego, región de Álava (norte de España), y Madiran, región de Nueva Aquitania (sur de Francia), durante tres años (2020-2023). El viñedo en Samaniego fue plantado en 2001 (de 19 años de edad) con la variedad 'Tempranillo' injertada sobre el portainjerto 110 Richter. El marco de plantación era de 1.2 x 2.25 m, en un sistema en cordón doble Royat. El viñedo en Madiran fue plantado en 1997 (de 24 años de edad) con la variedad 'Cabernet Franc' injertada sobre el portainjerto SO4. El marco de plantación era 1.5 x 2.5 m, en un sistema Guyot.

2.2 Tratamientos de protección de heridas de poda

Los tratamientos de protección de heridas de poda evaluados se enumeran en la Tabla 1. Evaluamos la eficacia de un producto químico y tres productos formulados con agentes de control biológico (ACB), además de un tratamiento con pasta sellante (mastic). Las dosis de aplicación se seleccionaron basadas en las recomendaciones de cada fabricante. Los tratamientos con piraclostrobin + boscalida (Tessior®) y la pasta (Bloccade®) contienen un polímero líquido y ya están formulados para ser aplicados directamente sobre las heridas de poda sin necesidad de mezcla previa.

Tabla 1. Lista de productos evaluados para proteger las heridas de poda contra infecciones naturales por hongos de la madera de la vid.

*Agente de Control Biológico

Nombre comercial	Tipo	Formulación	Dosis de aplicación	Empresa
Bloccade®	Pasta/mastic	Polímero líquido	-	Andermat Iberia
Tessior®	Polímero líquido + químicos	Polímero líquido + Piraclostrobin 0,5% + boscalida 1%	-	BASF Española
Vintec®	ACB*	<i>Trichoderma atroviride</i> SC1 (2 x 10 ¹⁰ CFU g ⁻¹)	2 g L ⁻¹	Certis Belchim
Blindar®	ACB*	<i>Trichoderma asperellum</i> ICC012 + <i>Trichoderma gamsii</i> ICC080 (3 x 10 ⁷ CFU g ⁻¹)	2,5 g L ⁻¹	Gowan
Esquive®	ACB*	<i>T. atroviride</i> I-1237 (1 x 10 ⁸ CFU g ⁻¹)	100 g L ⁻¹	Idai Nature

2.3 Diseño experimental y aislamiento de patógenos y *Trichoderma* spp.

El 21 de febrero de 2020, en Samaniego, y el 2 de marzo de 2020, en Madiran, se realizó una poda a tres yemas. Dentro de las dos horas siguientes a la poda, se aplicaron los tratamientos a las heridas de poda. El control consistió en el tratamiento con agua destilada estéril. Se estableció un diseño experimental en bloques al azar con tres repeticiones, cada una compuesta por diez plantas (treinta sarmientos en total) por tratamiento en cada localidad. El estudio se replicó en las dos campañas siguientes, realizando las podas y el tratamiento de las heridas el 10 de febrero de 2021 y el 1 de febrero de 2022 en Samaniego, y el 3 de marzo de 2021 y el 17 de febrero de 2022 en Madiran. Al cabo de un año, se recolectaron todos los sarmientos y se procedió



al aislamiento e identificación de hongos de la madera y *Trichoderma* spp. mediante métodos morfológicos y de biología molecular.

2.4 Análisis estadístico

Los datos de incidencia para los distintos patógenos en cada viñedo y campaña se analizaron mediante la prueba de Kruskal-Wallis para comparaciones múltiples, seguida de la prueba de Dunn (sin ajuste para valores de P) usando los paquetes "agricolae" y "dunn.test" en R. El porcentaje de reaislamiento de *Trichoderma* spp. se calculó como el promedio de plantas infectadas. Los niveles de significancia de la incidencia media de *Trichoderma* se establecieron mediante el análisis de varianza de Kruskal-Wallis para una sola vía sobre rangos, y las diferencias significativas se identificaron utilizando el método de diferencia mínima significativa de Fisher (LSD) a un nivel de $P < 0.05$.

3. Resultados y discusión

3.1. Aislamiento e identificación de hongos de la madera

En Samaniego, se obtuvo un número mayor de aislados asociados a las EMV durante la campaña 2022-23 (2.253 aislados) en comparación con las campañas 2020-21 (2.037 aislados) y 2021-22 (1.445 aislados). Durante todas las campañas, la enfermedad prevalente fue el decaimiento por *Botryosphaeria*, representando el 62% del total de aislados en la campaña 2020-21, el 77,8% en la campaña 2021-22, y el 61,2% en la campaña 2022-23. En Madiran, se obtuvo un número mayor de aislados asociados con las EMV durante la campaña 2022-23 (1.816 aislados) en comparación con la campaña 2021-22 (1.598 aislados) y la campaña 2020-21 (1.242 aislados). A lo largo de todas las campañas, la enfermedad prevalente fue el decaimiento por *Botryosphaeria*, representando el 65,8% del total de aislados en la campaña 2020-21, el 67,3% en la campaña 2021-22, y el 99,1% en la campaña 2022-23.

3.2 Eficacia de los productos evaluados

En Samaniego, el análisis de comparaciones múltiples mostró un efecto significativo del tratamiento ($P=0.01926$) y del patógeno ($P=2.2e-16$) en la incidencia de la enfermedad. El tratamiento protector con *T. atroviride* I-1237 mostró una reducción significativa ($P<0.01$ y $P<0.05$) en la incidencia de *Botryosphaeriaceae* spp. en comparación con el control para todas las campañas. También se observó una reducción significativa ($P<0.05$) en la incidencia de *Botryosphaeriaceae* spp. en comparación con el control para el tratamiento con pasta, pero solo en la campaña 2020-2021 (Figura 1). En plantas tratadas con *T. atroviride* I-1237 y *T. atroviride* SC1, se observó una reducción significativa ($P<0.05$) de la incidencia de yesca en relación con el control en las campañas 2020-2021 y 2021-2022, respectivamente (Figura 1). La incidencia de chancros por *Cytospora* se redujo ($P=0.01$) en comparación con el control con la aplicación de los tratamientos de *T. atroviride* I-1237 y piraclostrobin + boscalida en la campaña 2021-2022 (Figura 1).

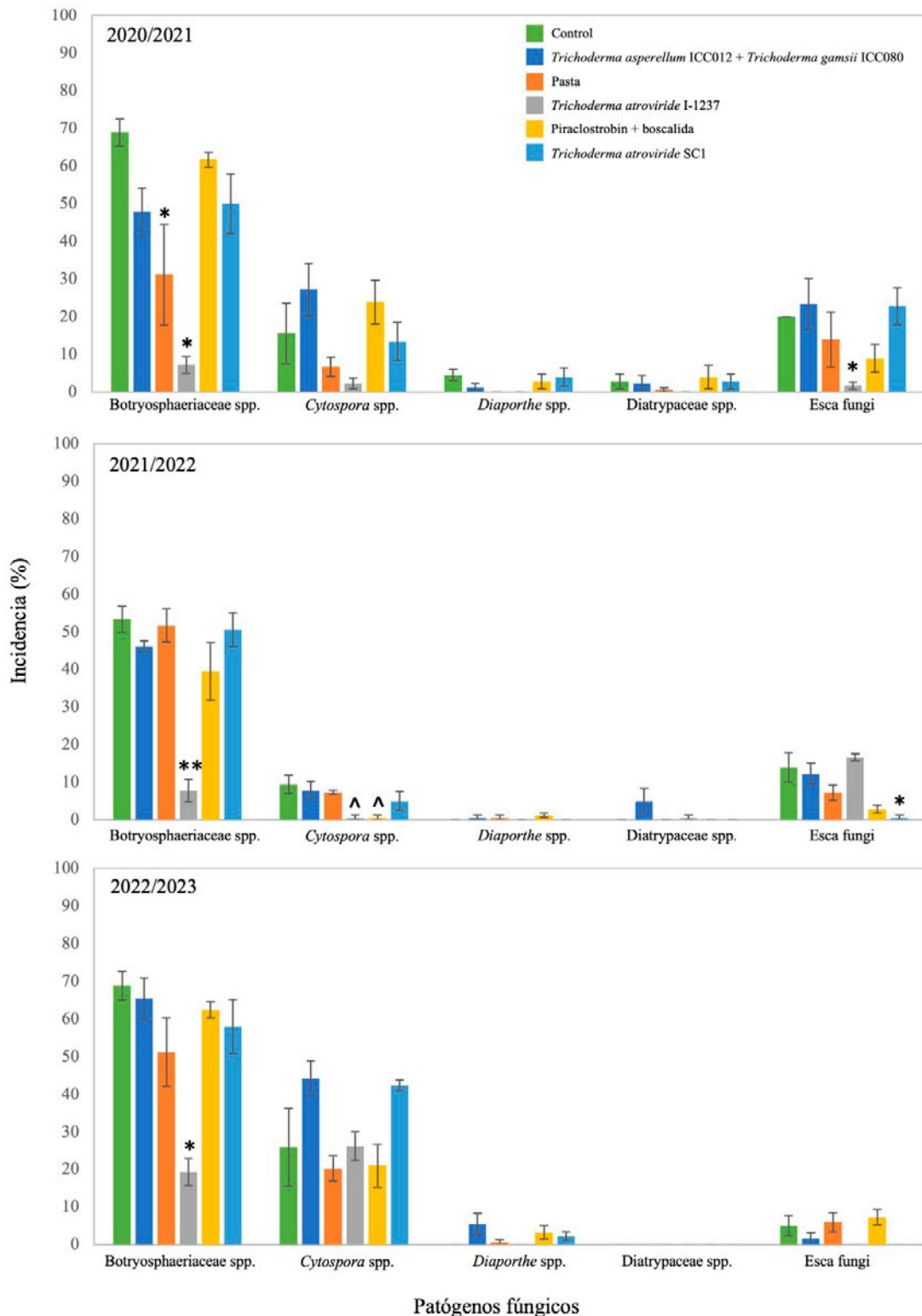
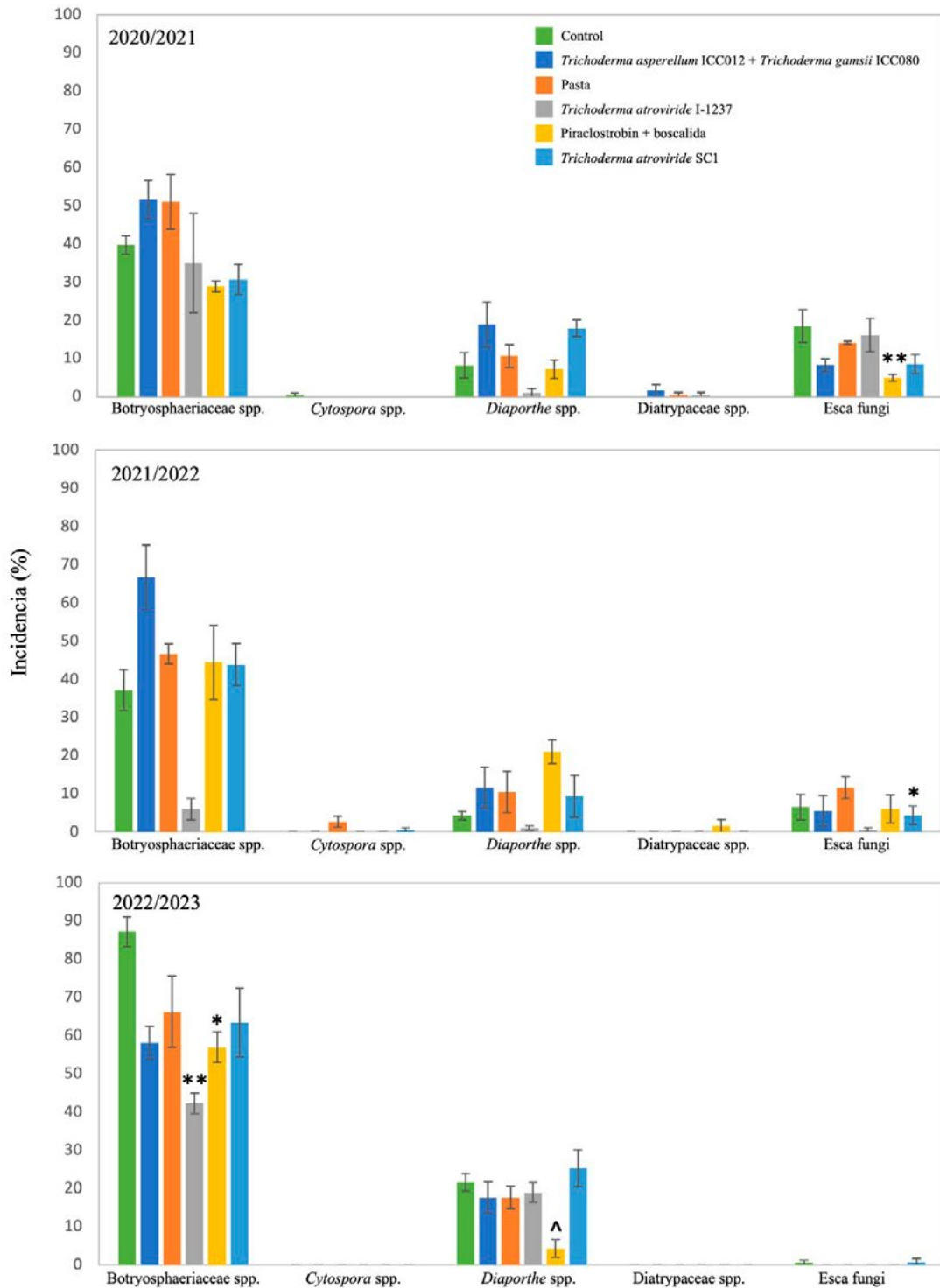


Fig 1. Incidencia de patógenos asociados a las EMV (%) en heridas de poda de vid a lo largo de tres campañas en Samaniego. Los valores representan la media de tres réplicas de diez plantas y las barras verticales son los errores estándar de la media.

Las barras seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($P = 0.05$). Las diferencias significativas entre el tratamiento y el control sin tratar se indican de la siguiente manera: * ($P < 0.05$), ** ($P < 0.01$) y ^ ($P = 0.01$).



Patógenos fúngicos

Fig 2. Incidencia de patógenos asociados a las EMV (%) en heridas de poda de vid a lo largo de tres campañas en Madiran. Los valores representan la media de tres réplicas de diez plantas y las barras verticales son los errores estándar de la media. Las barras seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($P = 0.05$). Las diferencias significativas entre el tratamiento y el control sin tratar se indican de la siguiente manera: * ($P < 0.05$), ** ($P < 0.01$) y ^ ($P = 0.01$).



En Madiran, los resultados de los tratamientos protectores demostraron ser más variables en todas las campañas para todos los patógenos. En general, el tratamiento con *T. atroviride* I-1237 redujo la incidencia de Botryosphaeriaceae spp. en comparación con el control, pero el efecto fue significativo ($P < 0.01$) solo en la campaña 2022-2023 (Figura 2). Las plantas tratadas con piraclostrobin + boscalida mostraron una reducción significativa en la incidencia de Botryosphaeriaceae spp. y yesca ($P < 0.05$ y $P < 0.01$, respectivamente). La incidencia de *Diaporthe* se redujo ($P = 0.01$) en comparación con el control por el tratamiento de piraclostrobin + boscalida en la campaña 2022-2023 (Figura 2). Nuestros hallazgos indican que ninguno de los productos evaluados logró una eficacia completa contra las EMV, y que la eficacia de estos productos estuvo marcada significativamente por la campaña analizada. Una excepción notable fue el agente de biocontrol *T. atroviride* I-1237, que demostró consistentemente ser eficaz contra las infecciones por Botryosphaeriaceae spp. en cada campaña de estudio, sin importar la localización geográfica. Estos resultados son consistentes con investigaciones anteriores que resaltan a *T. atroviride* I-1237 como un agente protector frente a los patógenos del decaimiento por Botryosphaeria (Langa-Lomba et al. 2023; Reis et al. 2017, 2022). Sin embargo, es crucial destacar que estos estudios previos se basaron principalmente en infecciones artificiales, no considerando la presencia de múltiples patógenos ni las variaciones en las concentraciones de los mismos. Por tanto, nuestros resultados complementan y fortalecen la evidencia de que *T. atroviride* I-1237 es un tratamiento eficaz contra la infección por Botryosphaeriaceae spp. Una explicación plausible para las diferencias observadas entre los productos es que muchos de ellos ofrecieron una alta protección inicial durante las primeras semanas o meses posteriores a la aplicación. No obstante, la mayoría de las infecciones se presentaron después de que las pastas, los compuestos químicos o ACB perdieran su eficacia en la herida de poda. Así, podrían ser necesarias aplicaciones múltiples para asegurar una protección duradera de las heridas. Se requiere investigación adicional para determinar si una única aplicación de estos productos podría proporcionar una protección completa durante el período crítico en que las heridas de poda son más vulnerables a las infecciones fúngicas.

4. Conclusiones

Este estudio destaca la necesidad de personalizar los tratamientos para enfermedades específicas, considerando la influencia significativa de los factores ambientales. Esta perspectiva es particularmente crítica en la aplicación de ACB. Por tanto, se recomienda encarecidamente realizar investigaciones adicionales para profundizar nuestro entendimiento sobre el comportamiento de estos microorganismos en distintas zonas vitivinícolas, que varían en condiciones climáticas y genotipos de la vid, dada la considerable variabilidad observada en los resultados obtenidos.

5. Bibliografía

Existe una amplia bibliografía que pueden solicitar en el email: david.gramaje@icvv.es

6. Agradecimientos

El proyecto VITES QUALITAS EFA 324/19 ha sido cofinanciado al 65% por la Unión Europea a través del Programa Interreg VI-A España-Francia-Andorra (POCTEFA 2014-2020). El objetivo del POCTEFA es reforzar la integración económica y social de la zona fronteriza España-Francia-Andorra.



Caracterización preliminar de 28 clones de Garnacha Blanca procedentes del Valle del Ebro

Elisa Baroja, Javier Portu, Luis Rivacoba, Erica Herce, Juana Martínez

*Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (Gobierno de La Rioja. CSIC. Universidad de La Rioja).
Finca La Grajera Ctra Burgos Km. 6. 26071 Logroño (La Rioja).
Tfno: 941053085. e-mail: ebaroja@larioja.org*

1. Introducción

La Garnacha Blanca es una variante somática de la variedad Garnacha Tinta. Se tienen referencias de su cultivo en España desde hace más de 150 años. En 1870 Hidalgo ya la localiza en Rioja, Navarra y Aragón (Rodríguez, 2019).

Es una variedad muy rústica, que se adapta a diferentes climas y suelos y tolera la sequía. Es menos sensible al corrimiento que la Garnacha Tinta, aunque algo más susceptible al oídio que ésta (Rodríguez, 2019).

Es una variedad de vid que actualmente ocupa el puesto número 30 en el ranking de superficie por variedades en España, con 3.159 ha (MAPA, 2021). En la D.O.Ca. Rioja, según datos del Consejo Regulador de 2021, ocupa el puesto número 10 de las 14 variedades autorizadas, con 238 ha, de las que 166 ha se encuentran situadas en la propia Comunidad Autónoma de La Rioja. A pesar de la poca representación que tiene, la superficie dedicada al cultivo de esta variedad ha aumentado significativamente durante los últimos años, pasando de las 36 has que ocupaba en la D.O.Ca. Rioja en 2014, a las actuales 238 has, lo que demuestra un interés creciente por esta variedad.

El creciente interés por la Garnacha Blanca y la inexistencia en el mercado viverístico de material clonal de dicha variedad, hizo que en 2015 se plantease la colaboración entre las cuatro Comunidades Autónomas que integran el Valle del Ebro: La Rioja, Navarra, Aragón y Cataluña. De este modo, se estableció una colaboración entre las cuatro regiones con el objetivo de caracterizar la Garnacha Blanca del Valle del Ebro y seleccionar clones de la zona para su inclusión en el sistema de certificación, llevando a cabo así una selección clonal conjunta. Con este objetivo, se empezaron a coordinar los trabajos entre la Estación de Viticultura y Enología de Navarra (EVENA), el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), el Instituto Catalán de la Viña y el Vino (INCAVI) y el Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV) de La Rioja.

Tras varias reuniones de colaboración entre las distintas regiones, el ICVV plantó en 2018 una parcela comparativa de clones de Garnacha Blanca en la Finca Institucional de Valdegón (Agoncillo, La Rioja), perteneciente al Gobierno de La Rioja. En dicha parcela se incluyeron 16 clones seleccionados en La Rioja, 4 en Cataluña, 4 en Aragón y 4 en Navarra. En el año 2023 comenzó la caracterización agronómica y el estudio del potencial enológico de los 28 clones.

El presente trabajo tiene como objetivo presentar los resultados obtenidos en 2023 en cuanto a la caracterización agronómica y la composición físico-química de la uva de los 28 clones a estudiar.



2. Material y Métodos

2.1. Material vegetal

Los 16 clones de Garnacha Blanca seleccionados en La Rioja para su estudio tienen su origen en un primer estudio de preselección (2012-2015) llevado a cabo en una parcela de preservación de material vegetal ubicada en la Finca Institucional de La Grajera (Logroño, La Rioja) y propiedad del Gobierno de La Rioja. Esta parcela de preservación cuenta con 1.667 accesiones (5 plantas por accesión) de las distintas variedades que, en 2001, cuando comenzaron los trabajos de preservación, estaban autorizadas en la D.O.Ca. Rioja (Fig. 1). Los 16 biotipos seleccionados por el ICVV proceden de 6 parcelas diferentes localizadas en 4 municipios distintos de la D.O.Ca. Rioja (Tabla 1).

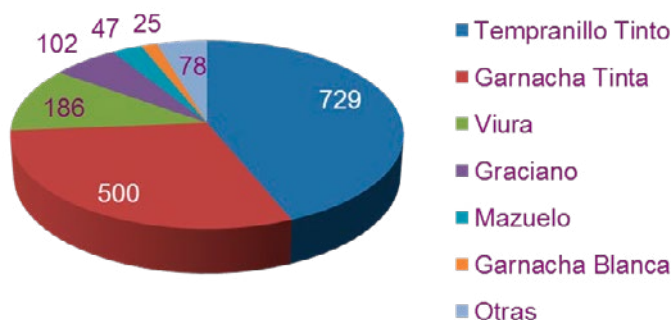


Fig. 1. Número de accesiones de cada variedad recopiladas en el “Banco de Germoplasma” de la Finca Institucional de La Grajera (Logroño, La Rioja).

Tabla 1. Parcelas y municipios origen de los 16 biotipos seleccionados en la D.O.Ca. Rioja.

Clon	Nº parcela	Municipio	Provincia
428	37	Ollauri	La Rioja
429	37	Ollauri	La Rioja
430	37	Ollauri	La Rioja
431	37	Ollauri	La Rioja
432	37	Ollauri	La Rioja
436	37	Ollauri	La Rioja
1655	137	Cuzcurrita de Río Tirón	La Rioja
1656	137	Cuzcurrita de Río Tirón	La Rioja
1659	138	Cuzcurrita de Río Tirón	La Rioja
1660	138	Cuzcurrita de Río Tirón	La Rioja
1661	138	Cuzcurrita de Río Tirón	La Rioja
1662	8	Bargota	Navarra
1663	159	Villar de Torre	La Rioja
1664	160	Villar de Torre	La Rioja
1665	160	Villar de Torre	La Rioja
1667	160	Villar de Torre	La Rioja

Asimismo, y con el objetivo de realizar una selección común, cada región eligió a su vez cuatro clones que se caracterizarían simultáneamente en los cuatro ámbitos geográficos. Para la elección de estos clones se fijaron los siguientes criterios de selección, consensuados entre todos



los centros participantes, teniendo en cuenta aspectos como la ausencia de virus, una compacidad baja-media, una producción media-alta y regular, así como aspectos relacionados con las características cualitativas del mosto y del vino en su caso como el grado probable (inferior a 13,5°), la acidez total (alrededor de 6,0 g/l en tartárico), el pH (en torno a 3,10) o valores de absorbancia a 280, 320 y 420 nm bajos. De este modo, además de los 16 clones reflejados en la Tabla 1, en este trabajo se han estudiado 4 clones de Navarra, 4 de Aragón y 4 de Cataluña.

2.2. Parcela experimental

Los 28 clones de Garnacha Blanca seleccionados se plantaron en el año 2018 en la Finca Institucional de Valdegón, a 344 m de altitud s.n.m., sobre el portainjerto 110 Ritcher, con un marco de plantación de 2,80 x 1,20 m (2.976 plantas/ha). El sistema de conducción fue una espaldera con una poda doble cordón Royat con una carga de 12 yemas. La parcela se mantuvo con un sistema de riego por goteo. El diseño experimental fue en bloques al azar con 3 repeticiones de 10 plantas por cada clon.

2.3. Caracterización agronómica

La caracterización agronómica incluyó el seguimiento del ciclo fenológico, así como la evaluación de las características productivas y vegetativas de los 28 clones estudiados. En cuanto al estudio del ciclo fenológico, éste consistió en la determinación de las siguientes etapas fenológicas: brotación (etapa C de la escala Baggiolini), plena floración (etapa I de la escala Baggiolini), envero (etapa M de la escala Baggiolini), y vendimia (cuando las bayas muestreadas indicaban un °Brix igual o superior a 22,2). Además, la duración del ciclo de crecimiento (d) se calculó como el tiempo transcurrido entre la brotación y la vendimia. En cada uno de los estados fenológicos determinados, se realizaron observaciones semanales de las diez plantas de cada bloque en conjunto, revisando cada uno de los tres bloques experimentales.

Para la caracterización agronómica, se determinaron los siguientes parámetros de rendimiento en el momento de la vendimia: número de racimos por cepa, producción por cepa (kg), peso del racimo (g) y compacidad del racimo (según el descriptor visual OIV N° 204). Por otro lado, el desarrollo vegetativo se estimó mediante el peso de madera de poda (kg/cepa) y su relación con la producción, calculando el Índice de Ravaz (cociente entre producción y peso de madera) para valorar el equilibrio de las cepas. Asimismo, se evaluó el número de pulgares y sarmientos por cepa, para poder calcular el Índice de Fertilidad (n° de racimos/brote).

2.4. Estudio de la composición físico-química de la uva

En el momento de la vendimia se muestreó en campo 200 bayas de cada repetición para la posterior determinación de la composición físico-química del mosto. Para cada repetición, se determinó el peso de 100 bayas y se analizaron los parámetros de calidad del mosto, incluyendo la determinación del contenido en sólidos solubles (SS) (medidos como °Brix), pH, acidez total (g/l ácido tartárico), ácido málico (g/l), ácido tartárico (g/l), potasio (mg/l), índice de polifenoles totales (absorbancia a 280 nm) y nitrógeno fácilmente asimilable (NFA, mg/l).

El estudio estadístico de los resultados se realizó mediante el análisis de varianza ANOVA y en caso de existir diferencias significativas, $p < 0.05$, se utilizó el test de Tukey para la separación de medias (programa estadístico SPSS versión 22.0).



3. Resultados

3.1. Seguimiento del ciclo fenológico

No hubo diferencias significativas en la duración del ciclo en los distintos clones, que varió entre 158 y 167 días.

3.2. Estudio de las características productivas y vegetativas

Los resultados del estudio de las características productivas y vegetativas no mostraron diferencias significativas para ninguno de los parámetros evaluados. El rendimiento varió desde 4,77 kg hasta 7,88 kg por cepa (Fig. 2). El peso medio del racimo osciló entre 380 hasta 515 gramos. El peso de 100 bayas varió entre 197 y 253 gramos (Fig. 3). El peso de madera de poda por cepa osciló entre 0,70 y 1,33 kg, y los valores del Índice de Ravaz se hallaron entre 4,55 y 9,69 (Fig. 4).

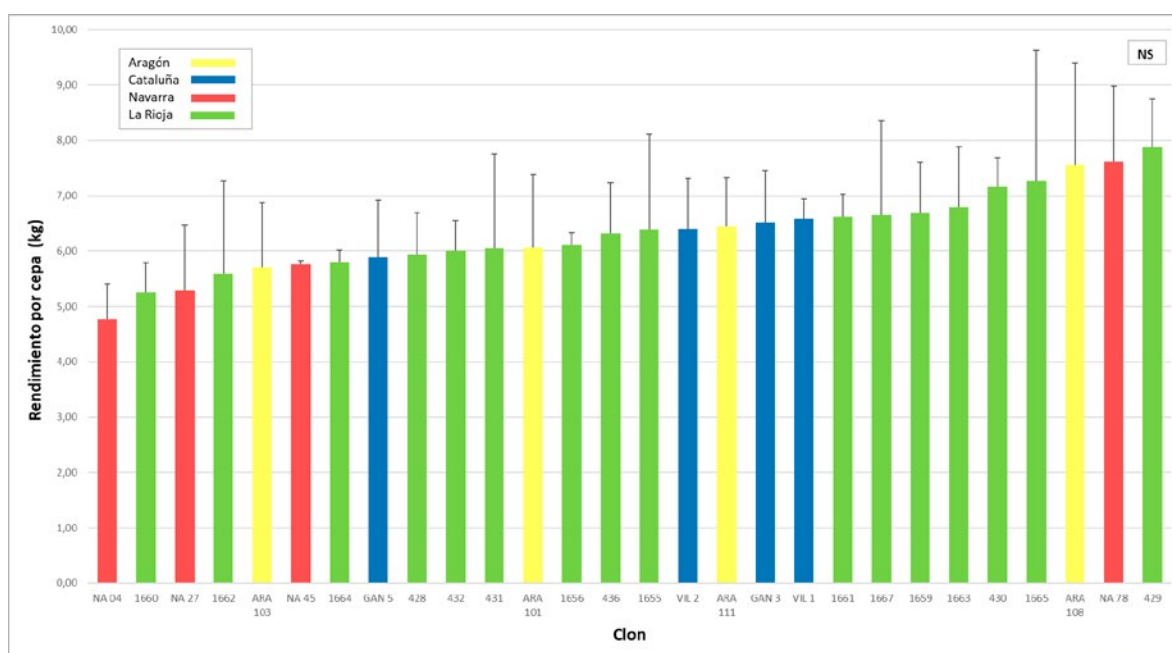


Fig. 2. Rendimiento (kg/cepa) de los distintos clones.

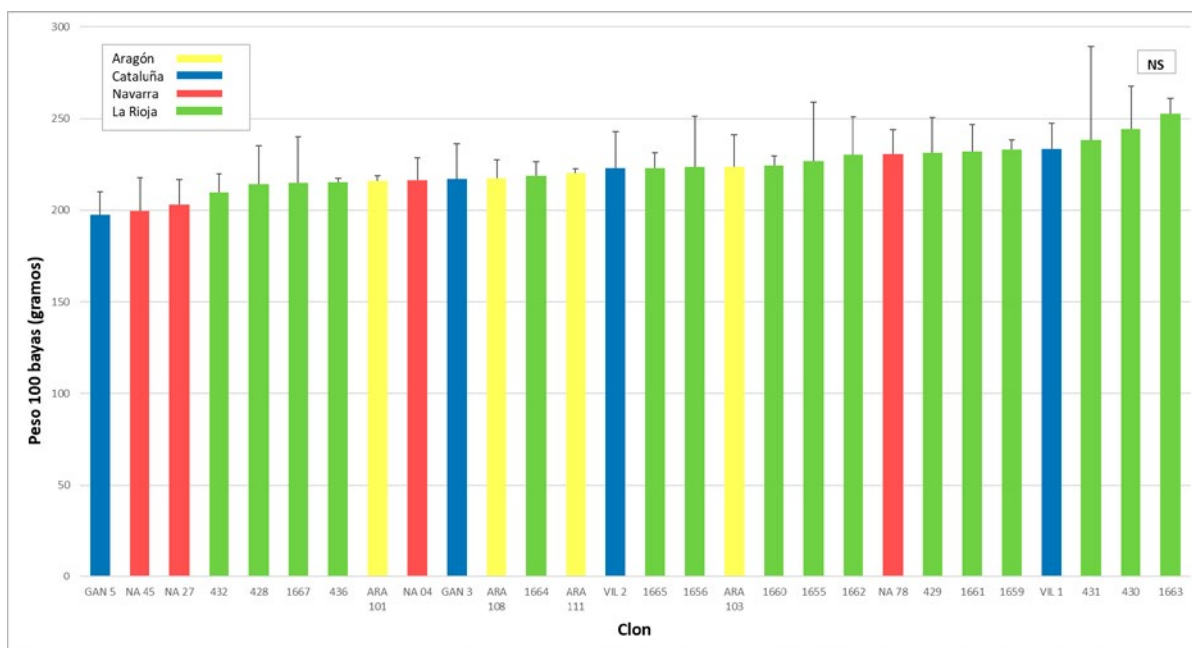


Fig. 3. Peso de 100 bayas (g) de los distintos clones.

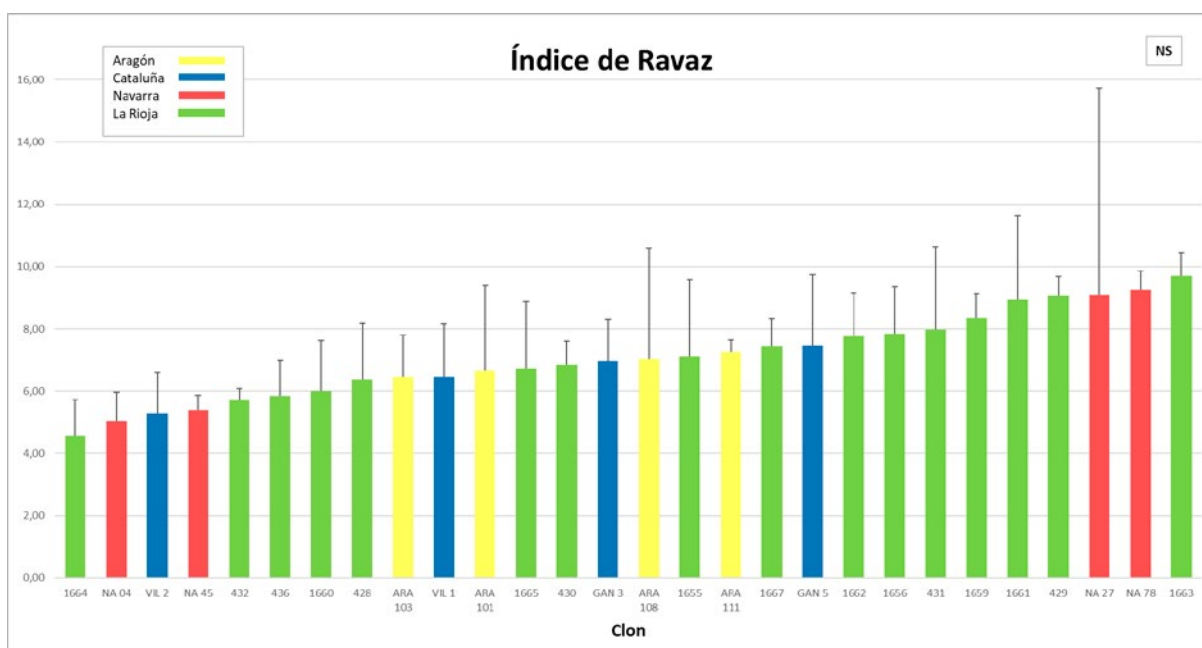


Fig. 4. Índice de Ravaz de los distintos clones.

3.3. Estudio de la composición físico-química del mosto

Al contrario que en los parámetros vegetativos, sí que existieron diferencias significativas en cuanto a los parámetros analíticos del mosto. El pH osciló entre 3,33 y 3,69 (Fig. 5). La acidez total varió desde el valor más bajo de 3,55 hasta el más alto de 4,24 g/l ácido tartárico (Fig. 6). La concentración de potasio presentó valores entre 1.203 y 1.932 mg/l (Fig. 7). El IPT presentó valores entre 11,8 y 19,7 (Fig. 8), y el rango de valores de NFA se halló entre 164 y 206 mg/l.

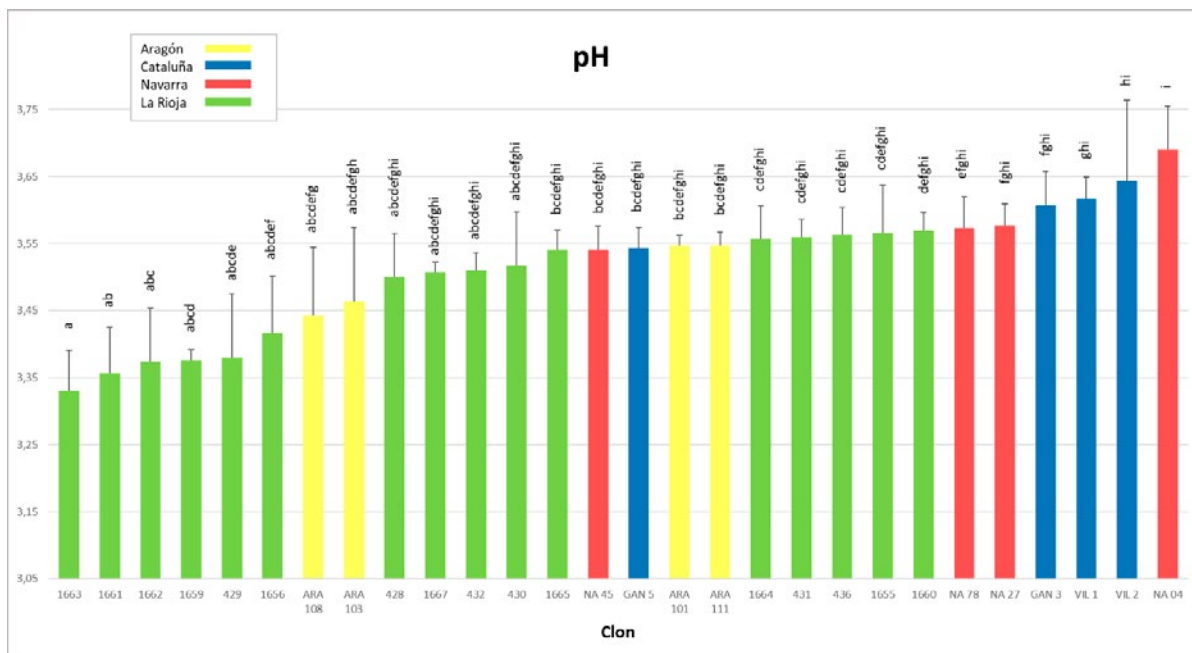


Fig. 5. pH de los distintos clones.

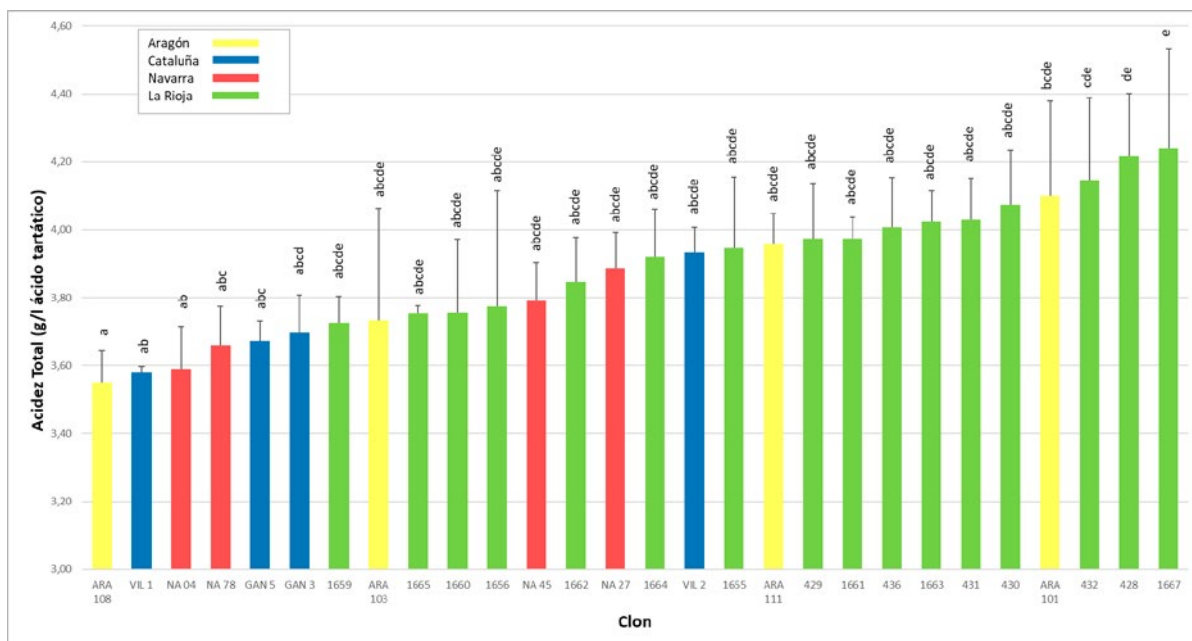


Fig. 6. Acidez total (g/l ác. tartárico) de los distintos clones.

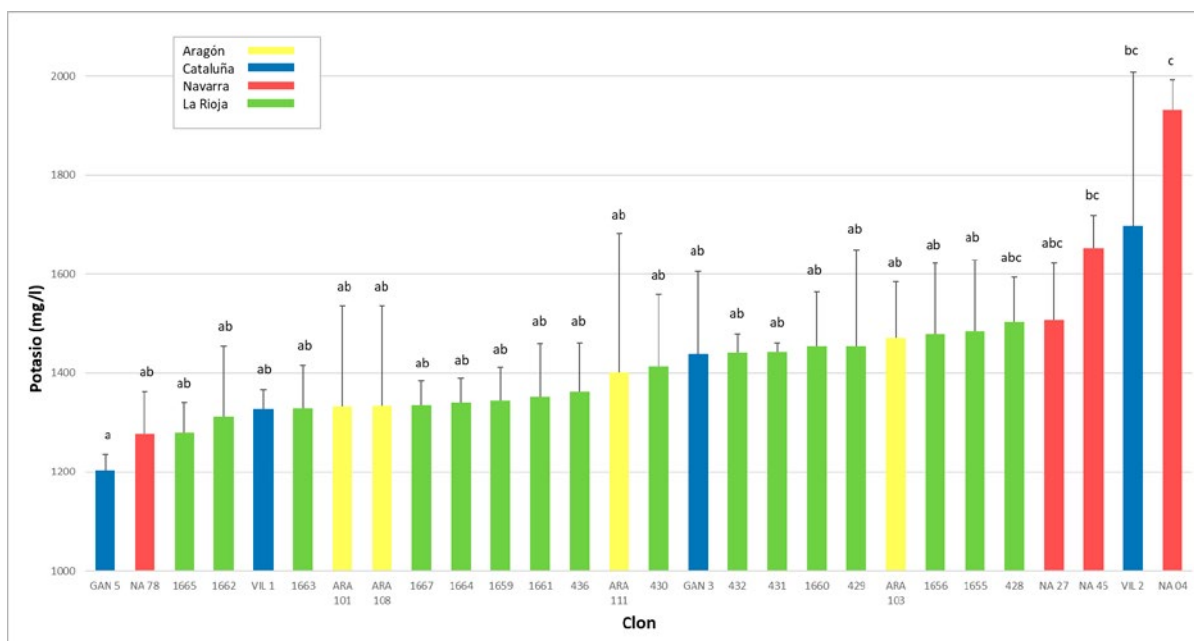


Fig. 7. Potasio (mg/l) de los distintos clones.

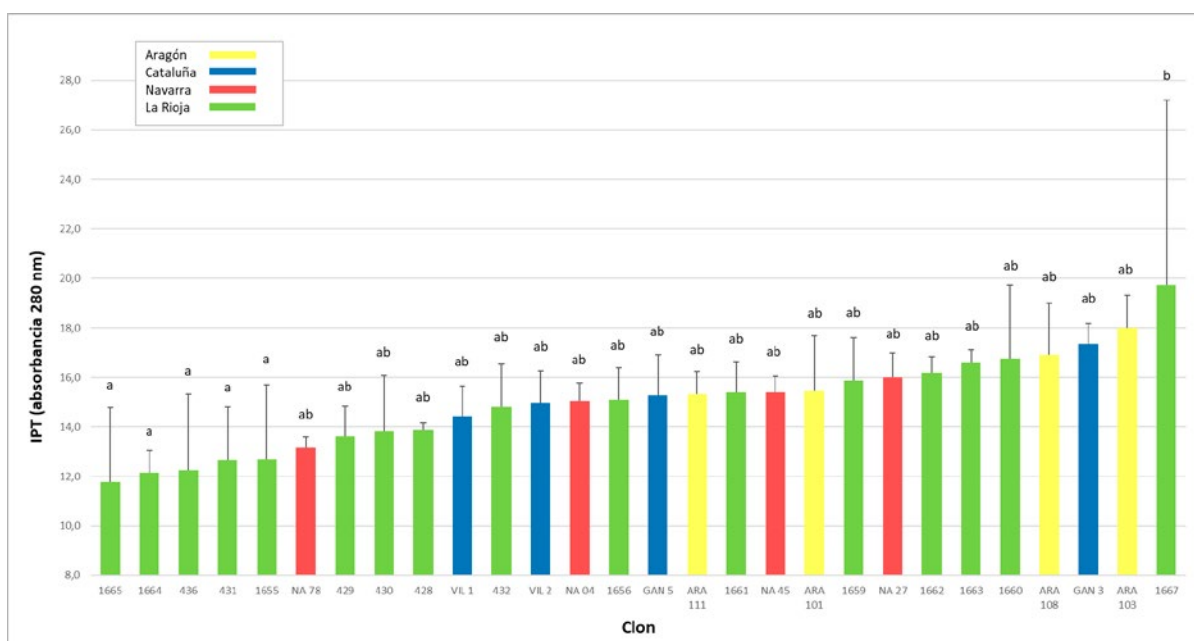


Fig. 8. IPT (Índice de Polifenoles Totales - abs 280) de los distintos clones.

3.4. Proceso de certificación sanitaria

En el momento actual, los siguientes clones han superado ya el proceso de indexaje biológico en el IMIDA (Murcia), ya están por tanto certificados sanitariamente: 431, 1655, 1661, 1662, 1663 y 1665

El IMIDA sigue trabajando en el indexaje biológico de los siguientes clones, cuyos resultados estarán disponibles a finales de 2024: 428, 429, 430, 432, 436, 1656, 1659, 1660, 1664 y 1667.



36^º REUNIÓN

GRUPO DE TRABAJO
EXPERIMENTACIÓN EN
VITICULTURA Y ENOLOGÍA



4. Conclusiones

El primer año de análisis de los clones de Garnacha Blanca ha revelado una baja variabilidad en su ciclo fenológico y en parámetros relacionados con el crecimiento y producción de la vegetación. Sin embargo, se han observado diferencias significativas en varios aspectos de la composición físico-química del mosto entre los clones. Es importante tener en cuenta que este estudio solo abarca un año, por lo que se necesitan datos recopilados durante al menos dos años adicionales para obtener conclusiones más sólidas.

Además, dada la juventud de la parcela, y debido a la alta producción obtenida en 2023, se ha decidido implementar una cubierta vegetal como método de mantenimiento del suelo en la parcela. La elevada producción y vigor de la parcela experimental podría estar enmascarando la variabilidad fenotípica que podría existir entre los clones a nivel vegetativo y productivo.

5. Bibliografía

Rodríguez, M. 2019. Tesis doctoral “Estudio del origen genético de la variedad de vid Garnacha Blanca, de su diversidad fenotípica y de los efectos moleculares asociados a la variación en el color de la uva”.

6. Agradecimientos

Este trabajo ha sido cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y la Comunidad Autónoma de La Rioja en el marco de los Programas Operativos FEDER 2014-2020 y 2021-2027 (proyectos: PR 04-20; PR-05-21; PR-03-22 y PR-03-23). Los autores desean agradecer a todo el personal involucrado en la conservación y mantenimiento de la parcela experimental donde se desarrolla el estudio, así como a los técnicos de laboratorio involucrados en los análisis físico-químicos, especialmente a Elena Redondo Alberdi.



Selección clonal de Blanco Lexítimo. Campaña 2023

Emiliano Trigo-Córdoba, María Dolores Loureiro Rodríguez, Fernando Lema-Pérez,
Anxo Vázquez-Arias, Emilia Díaz-Losada

*Estación de Viticultura e Enoloxía de Galicia (EVEGA-AGACAL), Ponte San Clodio s/n Leiro 32428 Ourense.
988788092. emiliano.trigo.cordoba@xunta.gal*

Resumen

El presente trabajo expone los datos obtenidos en el primer año de estudio en la selección clonal de la variedad Blanco Lexítimo. Se han estudiado un total de 11 clones, analizando parámetros agronómicos tales como fenología, fertilidad, producción y peso de madera de poda. Se realizaron controles de evolución de la maduración estudiando parámetros analíticos de pH, acidez total y concentración de sólidos solubles. En vendimia se analizaron parámetros de calidad en mosto. Finalmente, se elaboraron y analizaron los vinos correspondientes a cada clon.

1. Introducción

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

La Selección clonal en la vid es el proceso establecido para la obtención de material vegetal con características contrastadas, tanto a nivel sanitario, como agronómico y enológico. Permite, además de la obtención de material vegetal testado para las virosis contempladas en el Reglamento técnico de control y certificación de plantas de vivero de vid (B.O.E. 2006, Real Decreto 170/2011), la selección de clones que, manteniendo una producción adecuada, permitan la obtención de vinos equilibrados, en lo que a graduación y acidez se refiere, y de calidad.

El Blanco Lexítimo es una variedad minoritaria, incluida recientemente en el Registro de variedades comerciales, y que ya fue citada por García de los Salmones (1914) bajo la denominación de Blanca Legítima en la localidad de Paderne (Betanzos), en la provincia de A Coruña. Es una variedad cultivada actualmente en Galicia con los nombres de Blanco Lexítimo en Betanzos, Raposo en el Barbanza, Blanca del País en el Val del Navia (Díaz-Losada, 2011), y en Asturias con los nombres de Albarín Blanco, Blanco Verdín o Blanca del País (Loureiro et al., 2011). En los datos de superficie plantada del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación correspondientes al año 2020 constan 18 ha. en Galicia, 36 ha. en Asturias, 2 ha. en Castilla la Mancha y 90 ha. en Castilla y León de esta variedad.

El Blanco Lexítimo es una variedad de brotación y maduración tempranas; producción media (comparada con Albariño). Sensibilidad alta al oidio y media al mildiu y botritis. Produce vinos que en zonas adecuadas pueden alcanzar elevada graduación alcohólica (12,5-15,5%) y acidez media (6,2-6,7 g/L) con un pH de 2,9-3,4.



Presenta un elevado contenido en terpenos, superior al encontrado en otras variedades gallegas como Albariño, Treixadura o Loureira, consideradas como idóneas para la elaboración de vinos blancos en Galicia. Es adecuada para elaborar vinos monovarietales o en mezcla. De intensidad aromática alta, con aromas primarios intensos a fruta fresca, melocotón, albaricoque y a fruta confitada, melocotón en almíbar. Los vinos son estructurados, con cuerpo y persistentes.

Diversos estudios se han realizado de esta variedad, entre ellos su descripción ampelográfica, identificación genética y selección clonal (Díaz Losada et al., 2011; Loureiro et al., 2011, 2017).

En cuanto a su descripción ampelográfica, la hoja adulta de esta variedad presenta tamaño medio y forma pentagonal, con cinco lóbulos; con densidad baja de pelos tumbados entre y sobre los nervios principales del envés del limbo; perfil alabeado; limbo con abultamientos e hinchazón débil; presencia de pigmentación antocianica sobre los nervios principales del envés del limbo que alcanza hasta la primera bifurcación; dientes con lados rectilíneos, de longitud media en relación a su anchura; seno peciolar poco abierto y con la base en forma de llave; senos laterales superiores abiertos con la base en forma de V; peciolo ligeramente más corto que el nervio principal. El racimo es cónico, de longitud, anchura y compacidad media y con presencia de una o dos alas. El pedúnculo es de longitud muy corta. La uva, de color verde amarillento, presenta forma elíptica corta (Fig. 1).



Fig 1. Hoja y racimo de Blanco Lexítimo

En cuanto a su identificación genética, en la Figura 2 se detalla su perfil microsatélite:

Microsatélites	VWS2	VWMD5	VWMD7	VrZag47	VrZag62	VrZag79	VWS29	VWS5								
Pb.	130	150	218	234	237	255	157	165	185	193	243	245	169	169	117	150

Fig 2. Perfil microsatélite de la variedad Blanco Lexítimo



2. Material y Métodos

2.1. Descripción de la parcela de estudio y diseño experimental

El campo de homologación de los clones (Fig.3) se encuentra situado en la finca experimental de la Estación de Viticultura e Enología de Galicia (Leiro-Ourense) latitud 42° 21'37.22" N longitud 8° 7'2.17" W. La plantación se realizó en el año 2018, con una superficie de 1500 m² con orientación de las filas de cepas norte-sur. Las cepas, injertadas en 196-17 Cl, están conducidas en espaldera, y formadas en cordón Royat simple con poda a 5 pulgares de 2 yemas cada uno. Se establecieron 4 repeticiones de 7 cepas por cada clon. El marco de plantación es de 2,50 m entre filas y 1 m entre cepas.



Fig 3. Parcela de selección clonal

2.2. Parámetros agronómicos

Se hizo el seguimiento fenológico a lo largo de todo el ciclo vegetativo. Entre floración y invierno se evaluó la fertilidad de las yemas, haciendo recuento del número racimos procedentes de yemas francas (dejadas en la poda) y de yemas de corona. Se siguió el proceso de maduración desde las 3 semanas previas a la vendimia.

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



2.3. Microvinificaciones

Las microvinificaciones se llevaron a cabo en la bodega experimental de EVEGA, siguiendo el procedimiento habitual de elaboración de vinos blancos. Los racimos procedentes de cada clon se despalillaron, estrujaron y prensaron por separado. Los mostos obtenidos se sulfitaron (50 mg/l) y se desfingaron durante 24 horas, trasegándose posteriormente a depósitos de acero inoxidable. Se inoculó levadura comercial neutra en dosis de 20 g hL⁻¹, y se controló la fermentación mediante medidas periódicas de densidad y temperatura. Una vez finalizada la fermentación, los vinos se pasaron a cámara de frío a 4 °C durante un mes. Trascorrido este tiempo se corrigió el sulfuroso (30 mg/l), se filtraron por placas y se embotellaron.

2.4. Análisis químicos

En mostos de los diferentes clones se analizaron los siguientes parámetros: grado Brix, acidez total y pH. En vinos se analizó el grado alcohólico, acidez total, pH, ácidos málico y tartárico. Para ello se empleó un multianalizador OENOFOS 4101 (FOSS Electric, Denmark).

2.5. Análisis estadístico

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza de una vía considerando como factor de variación el clon. Este análisis se llevó a cabo empleando el software XLSTAT-BASIC+ (Addinsoft, Paris, France).

3. Resultados

Los datos climatológicos se obtuvieron de la estación meteorológica de Meteogalicia situada en la finca de EVEGA. El año 2023 resultó ser superior en todas las variables climatológicas a la media de los últimos 13 años (tab.1). Destacó por ser un año bastante lluvioso y con olas de calor en verano. La continua precipitación en primavera y verano provocó una campaña con problemas fitosanitarios importantes, aumentándose el número de aplicaciones fitosanitarias con respecto a otros años.

Tabla 1. Datos climáticos

	Media años 2010-2022	Año 2023
Temperatura media diaria (°C)	13,96	14,95
Temperatura máxima diaria (°C)	21,53	22,47
Temperatura mínima diaria (°C)	8,11	9,10
Humedad media diaria (%)	79,79	84,09
Pluviometría anual (mm)	1029,3	1313,4
Radiación solar diaria (W/m ²)	165,03	176,01



Respecto a los datos fenológicos (tab. 2), no se observaron diferencias entre los clones. Debido a las condiciones climatológicas, la vendimia se adelantó al 23 de agosto cuando de manera general en la zona se comienza como regla general a vendimiar a primeros de septiembre.

Tabla 2. Datos fenológicos de los clones de Blanco Lexítimo (año 2023)

Fecha de brotación	17 de marzo
Fecha de floración	9 de mayo
Fecha de envero	14 de julio
Vendimia	23 de agosto

Respecto a la fertilidad, no se observaron diferencias significativas entre el número de yemas francas y yemas de la corona brotadas por planta. Las yemas de la corona brotadas variaron entre 1,33 y 2,67 (tab. 3) en función del clon. Sí se observaron diferencias significativas en el número de racimos procedentes de yemas francas entre los clones BL2 y BL9, y entre los clones BL 2 y BL 7 con respecto a BL 5 en los procedentes de yemas de corona.

Tabla 3. Datos de fertilidad de los clones de Blanco Lexítimo (año 2023)

Clon	Número de yemas francas brotadas/planta	Número de yemas de corona brotadas/planta	Número de racimos de yemas francas/planta	Número de racimos de yemas de corona/planta
BL 1	10,22 a	2,67 a	1,70 bc	1,10 ab
BL 2	8,00 a	1,44 a	1,85 c	0,70 a
BL 3	8,78 a	1,33 a	1,50 ab	1,00 ab
BL 4	8,33 a	1,44 a	1,62 bc	1,08 ab
BL 5	10,17 a	1,67 a	1,87 bc	1,38 b
BL 6	9,89 a	2,00 a	1,62 bc	0,95 ab
BL 7	9,11 a	1,56 a	1,54 bc	0,88 a
BL 9	10,22 a	2,28 a	1,17 a	0,95 ab
BL 10	9,56 a	1,89 a	1,65 bc	1,03 ab

Letras diferentes en la columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Los clones presentaron diferencias significativas en la producción de uva, número de racimos por cepa, peso medio de racimo y peso de madera de poda. No hubo diferencias significativas en el peso de baya. Los clones BL 5 y BL 6 fueron los más productivos (tabla 4) debido a un mayor número de racimos por cepa (en torno a 24) y a un elevado peso medio de racimo (0,176 y 0,188 Kg, respectivamente). El clon menos productivo es BL 12 con 1,25 Kg de uva por cepa. BL1 generó la mayor producción de madera de poda, y BL 10 la menor, con menos de la mitad que el anterior.



Tabla 4. Parámetros agronómicos de los clones (año 2023)

Clon	Producción uva/cepa (Kg)	Nº racimos/cepa	Peso medio de racimo (Kg)	Peso medio de baya (g)	Peso madera de poda (Kg)
BL 1	3,62 bc	22,05 bcd	0,163 bc	1,81 a	0,83 b
BL 2	3,72 bc	21,88 bcd	0,151 bc	1,67 a	0,55 ab
BL 3	2,86 ab	19,27 bc	0,147 bc	1,85 a	0,70 ab
BL 4	3,09 abc	18,33 ab	0,167 bc	1,85 a	0,58 ab
BL 5	4,45 c	24,33 cd	0,176 c	1,89 a	0,65 ab
BL 6	4,41 c	23,73 d	0,188 c	1,93 a	0,74 ab
BL 7	3,56 bc	20,25 bcd	0,172 bc	1,80 a	0,70 ab
BL 9	1,72 a	18,73 b	0,082 a	1,78 a	0,42 ab
BL 10	2,92 ab	20,67 bcd	0,122 ab	1,75 a	0,34 a
BL 12	1,25 a	12,33 a	0,102 ab	1,62 a	-
BL 13	2,55 abc	13,50 ab	0,199 bc	1,55 a	-

Letras diferentes en la columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Los mostos de los clones presentaron buena acidez, la cual varió entre 5,80 y 7,07 g/l (tabla 5); también presentaron un pH adecuado para la elaboración de vinos blancos. La concentración de azúcares osciló entre los 19,77 del clon BL 1 y los 23,57 de los clones BL 3 y BL 9. BL 1 fue significativamente diferente a los otros clones, con una mayor acidez total y menor grado Brix, de interés de cara al cambio climático.

Tabla 5. Análisis de parámetros básicos en mostos

Clon	Acidez total (g ac tartárico/l)	pH	° Brix
BL 1	7,07 c	3,06 ab	19,77 a
BL 2	6,67 abc	3,05 a	21,70 ab
BL 3	6,17 a	3,16 bcd	23,57 b
BL 4	6,37 abc	3,16 bcd	23,37 b
BL 5	6,40 abc	3,18 bcd	22,27 ab
BL 6	6,97 bc	3,15 abcd	22,17 ab
BL 7	6,60 abc	3,22 bcd	22,40 ab
BL 9	6,20 ab	3,27 d	23,57 b
BL 10	6,23 ab	3,16 cd	22,87 b
BL 12	6,25 abc	3,11 abc	22,85 ab
BL 13	5,80 a	3,27 cd	22,50 ab

Letras diferentes en la columna indican diferencias significativas a $P < 0,05$.

Los vinos resultantes presentaron unas acideces totales que variaron entre 6,1 y 7,4 expresado en g/l de ácido tartárico de los clones BL 3 y BL 10 respectivamente. La concentración de ácido málico estuvo entre 1,1 y 1,8 g/l. El ácido tartárico presentó diferencias de 0,8 g/l entre los clones BL 4 y BL 9 con menor concentración y los clones BL 1 y BL 10 con la mayor concentración. El



pH de los vinos varió entre 3,01 del clon BL 10 y 3,24 de los clones BL 3 y BL 4. El grado alcohólico osciló entre los 13,1% del clon BL 2 y los 14,3% del clon BL 4 (tabla 6).

Tabla 6. Análisis de parámetros enológicos en vinos

Clon	Acidez total (g/L)	Ac málico (g/L)	Ac tartárico (g/L)	Grado alcohólico (% vol)	pH
BL 1	6,7	1,3	4,6	13,2	3,04
BL 2	7,1	1,6	4,2	13,1	3,11
BL 3	6,1	1,1	3,9	14,2	3,24
BL 4	6,2	1,3	3,8	14,3	3,24
BL 5	6,3	1,4	3,9	13,9	3,18
BL 6	6,8	1,7	4,3	13,5	3,09
BL 7	6,6	1,5	4,2	13,8	3,14
BL 9	6,8	1,8	3,8	14,1	3,22
BL 10	7,4	1,5	4,6	13,7	3,01

4. Conclusiones

En el primer año de estudio se ha observado gran variabilidad en producción entre los distintos clones, desde los poco productivos como el clon BL 9 a los muy productivos como los clones BL 5 y BL 6. No se observaron diferencias en el peso de la baya. Los clones presentaron unas acideces correctas para la elaboración de vinos blancos gallegos.

5. Bibliografía

1. B.O.E. 2006. **Real Decreto 170/2011, de 11 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento general del registro de variedades comerciales y se modifica el Reglamento general técnico de control y certificación de semillas y plantas de vivero.** (<https://www.boe.es/buscar/pdf/2011/BOE-A-2011-2705-consolidado.pdf>)
2. DÍAZ LOSADA, E; ORRIOLS FERNANDEZ, I.; REGO MARTÍNEZ, F.; TATO SALGADO, A.; RAMOS CABRER, A.; PEREIRA LORENZO, S. 2011. **A colección de vides da Estación de Viticultura e Enoloxía de Galicia.** Xunta de Galicia. Consellería de Medio Rural. ISBN 978-84-453-5003-4
3. GARCÍA DE LOS SALMONES, N. (1914). **Memoria General de las Sesiones del I Congreso Nacional de Viticultura.** Pamplona
4. LOUREIRO RODRÍGUEZ, M. D.; MORENO SANZ, P.; SUÁREZ VALLÉS, B.2011. **Variedades de vid de Asturias.** Edita SERIDA. Villaviciosa (Asturias). 163 páginas. ISBN 978-84-694-9386-1



5. LOUREIRO RODRÍGUEZ, M. D.; MORENO SANZ, P.; SUÁREZ VALLÉS, B.2017. **Selección clonal de cultivares de vid del Principado de Asturias**. Edita SERIDA. Villaviciosa (Asturias). 83 páginas. ISBN: 978-84-697-8676-5

6. Agradecimientos

A la Axencia Galega da Calidade Alimentaria de la Conselleria de Medio Rural de la Xunta de Galicia y a la Fundación Juana de Vega. Proyecto “Caracterización, recuperación, conservación e transferencia da biodiversidad genética vegetal de interés agrario de Galicia”. Anxo Vázquez Arias está financiado por la Agencia Estatal de Investigación con un contrato predoctoral del Subprograma Estatal de Formación del Programa Estatal de Desarrollar, Atraer y Retener Talento, en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2021-2023, Ref. PRE2022-103198. María Dolores Loureiro Rodríguez está cofinanciada por la Xunta de Galicia mediante Resolución de la Axencia Galega de Innovación del 1 de marzo de 2021 (Programa Talento senior).

Posibilidades de adaptación al cambio climático de variedades minoritarias en centro de la Península Ibérica: caracterización fenológica y enológica

Espinosa-Roldán F. E.^{1*}, García Díaz, A.¹, Crespo García, J.¹, Raboso, E.¹, Cabello, F.¹, Martínez de Toda, F.², Muñoz-Organero, G.¹

¹ Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural Agrario y Alimentario (IMIDRA), Finca El Encín, 28805 Alcalá de Henares, Spain;

² Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV), Universidad de La Rioja, CSIC, Gobierno de La Rioja, c/Madre de Dios, 51, 26006 Logroño, Spain

*: franciscoemmanuel.espinosa@madrid.org (F.E.E.-R.); Tel: +34 91 887 93 82

Resumen

La diversidad varietal del viñedo en España destinado para vinificación se compone en torno a un 80% por aproximadamente 12 variedades, gran parte de ellas actualmente, con problemas de adaptación al clima nacional, lo que supone un riesgo para el futuro del sector y la industria vitivinícola en un contexto de cambio climático. Se realizó un estudio de 34 variedades minoritarias de vid, en la colección de variedades de “El Encín”, perteneciente al IMIDRA, durante cuatro temporadas (2020-2023) incluyendo 4 variedades testigo, debido a su amplio cultivo e importancia en la industria nacional y en la región de Madrid. Se estudiaron los principales estados fenológicos y la calidad del mosto para determinar su comportamiento agronómico en las condiciones climáticas actuales, con condiciones extremas como nevadas, olas de frío (2021) y calor, se superaron los registros térmicos históricos (2022). Se ha conseguido clasificar a las variedades en cinco grupos según cada etapa fenológica y la duración del ciclo completo y se identificaron los estados fenológicos más afectados por las temperaturas. Se identificaron características agronómicas y enológicas de interés en variedades de maduración tardía, como ‘Tortozona tinta’ y la ‘Tinta de Navalcarnero’, prometedoras para adaptarse a las condiciones climáticas actuales. Se enfatizó en la importancia de evaluar las variedades minoritarias para adaptarse a los efectos del cambio climático en la viticultura, a nivel nacional e internacional. Este enfoque podría ser una estrategia viable y a corto plazo para garantizar la sostenibilidad y la resiliencia del viñedo ante los desafíos climáticos futuros. Explorar y aprovechar el rico patrimonio varietal autóctono podría ser crucial en este proceso.

Palabras clave: Fenología; cambio climático; envero; variedades minoritarias

1. Introducción

La presencia, con mayor frecuencia, de eventos térmicos extremos obedece a las proyecciones de cambio climático planteadas en un mediano plazo, veranos más cálidos y con sequías más severas. (1). La fenología, estacionalidad, características de calidad enológica del mosto y producción (2), se ven afectados por estos cambios de temperatura que, es el principal factor climático determinante de la producción vitivinícola (3), asociado permanentemente con su interacción con factores como disponibilidad hídrica, fotoperiodo, calidad del material vegetal y la adecuación de técnicas vitícolas asociadas a cada etapa de crecimiento del cultivo. Cambios en la estacionalidad de la fenología, alteraciones en la demanda térmica de las plantas y duración de los periodos de brotación, floración, envero y vendimia, son consecuencia directa del cambio climático en la vid. Lo más evidente, el acortamiento del ciclo vegetativo-reproductivo de la planta, observado en las variedades y regiones vitivinícolas de mayor importancia en el mundo (4). En



algún momento décadas atrás, estos cambios incluso se consideraron beneficiosos debido a la posibilidad de mejora de las condiciones climáticas para la maduración de variedades en regiones como Burdeos o Champagne (5) y California (6), debido a los avances en ciertas etapas fenológicas de importancia en el ciclo, al encontrar inviernos cada vez más cálidos y con la reducción en la frecuencia de heladas tardías (7).

La presencia de condiciones extremas a causa del cambio climático cada vez con mayor regularidad, se traduce en alteraciones en la fenología, crecimiento y desarrollo fisiológico de las plantas, que se traduce en inestabilidad en la calidad del mosto, con altas concentraciones de azúcares, graduación alcohólica, bajos valores de acidez y alteraciones notables en el perfil aromático del mosto (8), lo que se traduce en dificultades para determinar el momento óptimo de vendimia y con ello la calidad del vino producido (9). La mayor frecuencia en los cambios y aumentos térmicos bruscos, tales como alteraciones en la circulación global de las corrientes de aire, reducciones en el espesor de las capas glaciares, un aumento en la temperatura del océano y, en última instancia, la inestabilidad estacional continental, ocasionadas por el cambio climático, tiene efectos irreversibles en las plantas, que requieren un mayor eficiencia de adaptación (10). La viticultura en España es un sector de suma importancia en la industria agroalimentaria, por su valor histórico, cultural, socioeconómico, además del volumen de cultivo y calidad de producción de vino, ampliamente reconocido a nivel mundial, aunado a la invaluable diversidad genética del Género *Vitis*, propia del país (11).

Numerosos estudios han evaluado la influencia del aumento de las temperaturas en la viticultura durante el siglo XX (8) y se prevé un aumento mayor a 1,5 °C al final del siglo XXI (1). Se estima que habrá cosechas hasta 45 días más precoces en algunas regiones vitivinícolas para el año 2050 (12), ocasionando problemas para mantener las actuales regiones vitivinícolas donde las prácticas de producción están estrictamente controladas (13). Tal situación ha orillado al planteamiento de dos enfoques potenciales para el combate al cambio climático en el sector, el establecimiento de nuevas regiones vitivinícolas a mayor altitud y latitudes (14) buscando la conservación de las variedades de amplio cultivo actual (15), además de una serie de adecuaciones a las prácticas culturales según las condiciones y riesgos de las nuevas localizaciones (16,17). Por otro lado, la conservación del paisaje vitivinícola actual mediante el cultivo de variedades minoritarias y autóctonas o nuevas variedades, incluso clones, adaptados y con tolerancia o resistencia a las actuales condiciones ambientales (15,18), sin omitir la adopción también de nuevas estrategias referentes a las prácticas vitivinícolas para facilitar la adaptación al clima, cada vez más cálido e inestable (19).

En este trabajo se realizó una caracterización térmica histórica de 'El Encín' desde 1957 hasta 2019 y se comparó la información con el periodo de este estudio (2020 a 2023). Se ha puesto especial atención a las temporadas 2021 (con invierno excepcionalmente atípico y extremo) y 2022 (con verano particularmente caluroso, seco y constantes olas de calor). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue analizar el efecto de la temperatura sobre la fenología, estacionalidad y parámetros de maduración de variedades minoritarias de vid en la Comunidad de Madrid, así como identificar las variedades que pueden considerarse como alternativas de cultivo en las condiciones actuales de cambio climático.

2. Material y Métodos

El presente estudio se realizó en la colección de variedades de vid de 'El Encín', perteneciente al IMIDRA en Alcalá de Henares, España (40°31'0" N, 3°17'0" W, 610 m.s.n.m.) localizada en una terraza fluvial plana del río Henares. El clima es mediterráneo semiárido con un



régimen de precipitación anual menor de 400 mm y temperatura media de 14 °C (1957-2019). Se estudiaron 34 variedades minoritarias de vid, 16 blancas y 18 tintas. Se han incluido 4 variedades referencia: 'Tempranillo' y 'Garnacha tinta' (tintas), además de 'Airén' y 'Malvar' (blanca) por su importancia de cultivo, nacional y regional.

Tabla 1 Variedades minoritarias estudiadas y región de prospección el material vegetal.

Variedad	Color de la piel	Región prospectada
Airén*	Blanco	Castilla-La Mancha
Garnacha Tinta*	rojo	Andalucía
Malvar*	Blanco	Castilla-La Mancha
Morate ¹	rojo	Navarra
Rayada Melonera ¹	rojo	Comunidad de Madrid
Tempranillo*	rojo	Navarra
Tinto de Navajcarnero ¹	rojo	Castilla y León
Tortozón ¹	Blanco	Extremadura
Tortozona Tinta ¹	rojo	Castilla-La Mancha

*: Variedades testigo; ¹: Variedades minoritarias con tolerancia y resistencia a las condiciones climáticas extremas durante el estudio.

El registro de datos meteorológicos diarios se realizó en la estación meteorológica de El Encín: temperatura media, mínima y máxima (°C), capturados en series de 10 minutos durante 2020 a 2023. Se estimó la temperatura media, la media de las máximas, media de las mínimas, máximas y mínimas absolutas (°C) diarias y de cada mes. Los GDD se calcularon restando el cociente obtenido dividiendo por dos la suma de la temperatura máxima diaria (Tmax) y la mínima diaria temperatura (Tmin) (20) a partir de la temperatura umbral de la planta (21) Finalmente, se caracterizó cada año de estudio y se compararon con los datos registrados en la serie histórica de 1957 a 2019 registradas en la misma estación.

Se realizó un seguimiento de la fenología mediante la escala BBCH en las etapas: brotación (BBCH 03), floración 50% (BBCH 65), envero (BBCH 83) y madurez (BBCH 89). La duración de cada estadio fenológico en días julianos (DJ) se calculó como el período comprendido entre el inicio del estadio y el inicio del siguiente. Además, se calcularon los grados día de crecimiento (GDD) requeridos para cada una de las etapas. Se calculó la duración total del ciclo vegetativo-reproductivo (CC) (desde brotación hasta maduración) y el total de GDD requerido entre estas etapas.

Las fechas de cosecha se determinaron según acumulación de sólidos solubles totales (°Brix) en las bayas: 20-21 °Brix en variedades blancas y 21-22 °Brix en variedades tintas. Los indicadores de calidad enológica se obtuvieron al momento de la cosecha: °Brix, por reflectometría digital (PR-101 Palette, ATAGO, ® Tokio, Japón), pH, por analizador automático (Sension+ PH31, HACH, ® Loveland, CO, EE.UU.) y acidez titulable (g/L de ácido tartárico) por determinó mediante titulación con hidróxido de sodio 0,1 N (22).

Para contrastar las hipótesis se realizaron los siguientes análisis estadísticos: (1) se estimó la correlación entre el estudio de las variables fenológicas y los GDD mediante el cálculo del estadístico no paramétrico de Kendall tau-b; (2) se utilizó el procedimiento K-means para clasificar las variedades en grupos homogéneos en función de la duración de los diferentes estados fenológicos y categorizarlas como tempranas (VE), tempranas (E), medias (M), tardías (L) y muy tardías (VL). Se utilizó el software estadístico SPSS versión 23 para el análisis estadístico.



3. Resultados

3.1 Evaluación de la temperatura

Las temperaturas medias mensuales fueron superiores durante el periodo de estudio (2020-2023) en comparación con la serie histórica (1957-2019). La temperatura media anual para este periodo fue de 15,9 °C, lo que representa un aumento de 2,0 °C en comparación con el promedio histórico registrado entre 1957 y 2019 (13,9 °C). (Figura 1). Los inviernos se volvieron menos fríos y más cortos, con temperaturas más altas de lo normal al final de la temporada. Por otro lado, el verano tiende a ser prolongado, comenzando antes e incluso terminando más tarde de lo habitual. De junio a agosto de 2022, las temperaturas medias registradas fueron entre 3 y 5 °C superiores a las de la serie histórica.

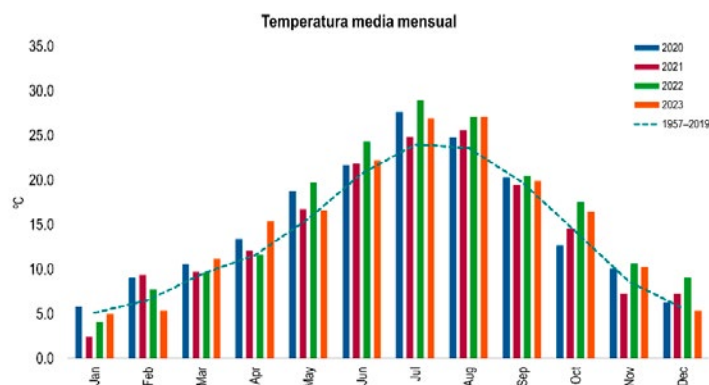


Figura 1 Temperatura media mensual durante cada mes del estudio y temperatura media mensual histórica (1957-2019).

Las persistentes olas de calor durante el verano provocaron temperaturas máximas absolutas excepcionales, que alcanzaron los 40,0 °C en junio y julio y superaron los 39,1 °C en agosto (Figura 2).

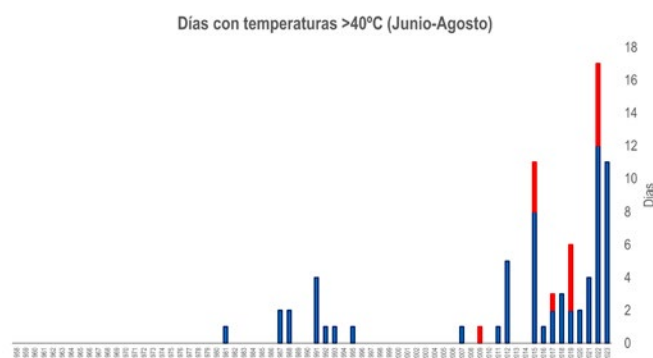


Figura 2 En azul, Número de días con temperatura máxima igual o por encima de 40°C (julio, agosto y septiembre). En rojo, el número de días con temperatura máxima igual o superior a 40°C en junio.

3.2. Correlación de GDDs y JD de los estadios de fenología

La prueba de correlación tau-b de Kendall arrojó correlaciones altamente significativas entre los grados-día de crecimiento (GDD) y la duración (JDS) de las cuatro etapas fenológicas (brotación, floración, envero y madurez) y el ciclo completo de las variedades. La relación es



altamente significativa para las etapas fenológicas finales del ciclo (envero y maduración) y el ciclo completo (Tabla 2). El envero es la etapa fenológica que mostró una alta correlación entre GDD y JD durante los 4 años de este estudio.

Tabla 2 Coeficientes de correlación entre la duración de las etapas fenológicas en días julianos (JD) y los grados día de crecimiento (GDD) en la misma etapa para 34 variedades muestreadas durante 2020, 2021, 2022 y 2023

	Correlación Tau-b de Kendall	2020	2021	2022	2023
Brotación	Coefficiente	-0,111	0.603 **	0.434 **	0.362 *
	Significancia bilateral	0.525	0.000	0.001	0.011
	N	22	34	34	34
Floración	Coefficiente	0.006	0.917 **	0.788 **	0.788 **
	Significancia bilateral	0.973	0.000	0.000	0.000
	N	23	34	34	33
Envero	Coefficiente	0.894 **	0.854 **	0.824 **	0.909 **
	Significancia bilateral	<0,001	0.000	0.000	0.000
	N	26	34	34	34
Madurez	Coefficiente	0.899 **	0.791 **	0.827 **	0.864 **
	Significancia bilateral	<0,001	0.000	0.000	0.000
	N	26	34	34	34
Ciclo completo	Coefficiente	0.838 **	0.728 **	0.685 **	0.922 **
	Significancia bilateral	<0,001	0.000	0.000	0.000
	N	26	34	34	34

Las correlaciones altamente significativas en el nivel de 0,01 se marcan con **, y las correlaciones altamente significativas en el nivel de 0,05 se marcan con * y se resaltan en negrita. $p < 0,01$ se definió para las probabilidades Tau-b de Kendall. JD: duración de la etapa fenológica, en días; GDD: grados-día acumulados para cada etapa fenológica; N: número de casos analizados (en 2020 el valor de N < 34 porque no se recogieron valores fenológicos de algunas variedades).

3.3. Fenología

De las etapas finales en la fenología, el envero fue en la que se observaron mayores variaciones térmicas en dos de los cuatro años del estudio (Tabla 2). En la temporada 2021, el período de envero se extendió en 12,06 días y se requirieron 215,16 GDD para iniciar el cambio de color, seguido del inicio del proceso de maduración. Las razones de estos altos valores en comparación con otras temporadas del estudio podrían ser (1) la pérdida de yemas productivas debido a las bajas temperaturas provocadas por la nevada 'Filomena' en enero de 2021; (2) temperaturas primaverales más frías de lo habitual; y (3) el mayor tiempo hasta la etapa de brote, lo que resulta en un mayor requerimiento de GDD para brotar. Un alto porcentaje de las yemas que brotaron solo desarrollaron vegetación y presentaron una notable reducción de la fertilidad.

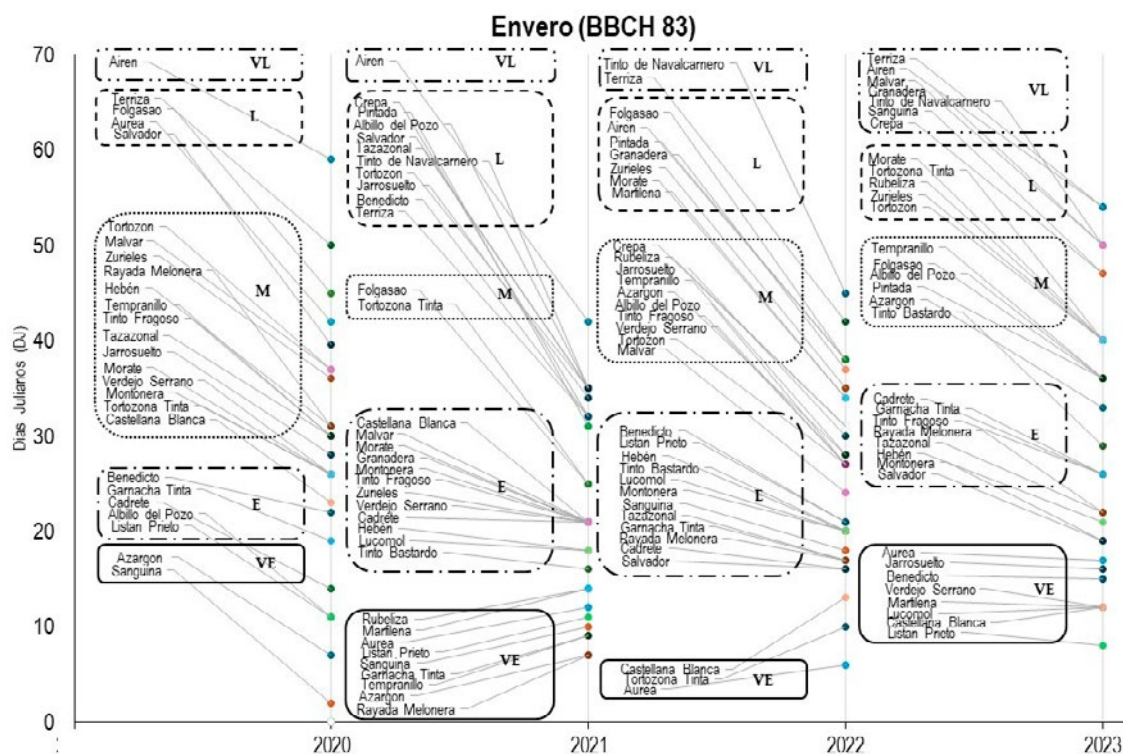


Figura 3 Grupos de variedades según envero (BBCH 83) periodo de vendimia en cada año de estudio (2020 a 2023) en "El Encín" (Madrid): VE: muy temprana; E: tempranas; M: median; L: tardía; VL: Muy tardía.

3.3. Composición del mosto en el momento de la vendimia

Se clasificaron todas las variedades dentro de cinco clusters según el grado de precocidad de envero (Figura 3) y maduración en cada año. En el caso de la maduración, las variedades muy tempranas (VE), tempranas (E) y medias (M) presentaron valores de calidad dentro de los establecidos en la metodología: desde 20 a 23 °Brix al momento de la cosecha, pH alrededor de 3.5 y acidez titulable entre 4.5 y 5.0 g/L (ácido tartárico). Entre las variedades testigo, 'Garnacha tinta' es de maduración temprana (E). Los efectos de los daños causados por el frío del invierno de 2021 alteraron ligeramente la maduración de la variedad, que se hizo muy temprana (VE) este año. Por otro lado, 'Tempranillo' de maduración media (M) durante todo el periodo de estudio, fue más precoz (VE) en 2021. Por otro lado, 'Airén' fue la variedad más estable de las cuatro variedades testigo en cada año de estudio, con maduración muy tardía (VL), excepto en 2022, que integró el grupo de variedades tardías (L). Las variedades 'Terriza' y 'Tinto de Navalcarnero', pasaron de ser de maduración tardía (L) en 2020 y 2021 a maduración muy tardía (VL) en 2022 y 2023 debido al incremento térmico de estos años. A pesar de su maduración más lenta, consiguen acumular los niveles de acidez total, pH y °Brix necesarios para la vendimia en buenas condiciones de vinificación. El mismo comportamiento se observó en 'Tortozon' y 'Morate' con parámetros de calidad de mosto estables en maduración, mostrando una maduración media (M) y una maduración tardía (L) en las mismas condiciones.



4. Conclusiones

Las condiciones extremas repercuten en la calidad del mosto debido al acortamiento del ciclo de cultivo que requiere modificaciones de emergencia, en las tareas culturales durante el invierno, en vendimia y posibles en el proceso de vinificación, debido a la irregularidad de la maduración anualmente. Se clasificaron las variedades según el tiempo de ocurrencia de cada etapa fenológica (brotación, floración, envero, madurez y ciclo completo): muy temprano (VE), temprano (E), medio (M), tardío (L) y muy tardío (VL). Las altas temperaturas tienen notables consecuencias durante el ciclo de cultivo de la vid afectando a su fenología, principalmente el envero y los estadios finales. Se identificaron problemas en el cuajado de los frutos, acortamiento del periodo de maduración, y en algunos casos mayor precocidad de maduración debido a las altas temperaturas. Las variedades con mayor efecto negativo a causa de olas de calor son: 'Tempranillo', 'Malvar', 'Listán Prieto', 'Azargón' y 'Cadrete'. Se comprobó que variedades de ciclo tardío (L) y muy tardío (VL), que presentan patrones de resistencia a estas condiciones con valores enológicos aceptables y buenos al momento vendimia, como: 'Airén', 'Tinto de Navalcarnero', 'Tortozona Tinta', 'Tortozón' y 'Morate'. Además, 'Garnacha Tinta' con características productivas aceptables a pesar de los cambios observados durante el periodo de estudio. Se pueden considerar que las variedades 'Airén', 'Morate', 'Rayada Melonera', 'Tortozona Tinta' y 'Tinto de Navalcarnero' tienen posibilidades de expresar un buen comportamiento en las condiciones climáticas actuales, en función de su respuesta las variaciones climáticas extremas, en términos de fenología y calidad de producción observados.

5. Bibliografía

1. IPCC. 2014. **Summary for Policymakers. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge University Press. ISBN: 9781139177245
2. Neethling, E., Barbeau, G., Bonnefoy, C., Quénel H. 2012. **Change in climate and berry composition for grapevine varieties cultivated in the Loire Valley.** Clim Res.; 53(2):89-101.
3. Clingeleffer, P.R. Davis, H.P. 2022. **Assessment of phenology, growth characteristics and berry composition in a hot Australian climate to identify wine cultivars adapted to climate change.** Aust J Grape Wine Res.;28(2):255-75.
4. Koufos, G.C., Mavromatis, T., Koundouras, S., Jones, G. V. 2020. **Adaptive capacity of winegrape varieties cultivated in Greece to climate change: Current trends and future projections.** Oeno One;54(4):1201-19.
5. Lough, J.M., Wigley, T.M.L, Palutikof, J.P. 1983. **Climate and climate impact scenarios for Europe in a warmer world (England, Wales).** J Clim Appl Meteorol.;22(10):1673-84.
6. Nemani, R.R., White, M.A., Cayan, D.R., Jones, G. V., Running, S.W., Coughlan, J.C., et al. 2001. **Asymmetric warming over coastal California and its impact on the premium wine industry.** Clim Res.;19(1):25-34.
7. Eric Duchêne, C.S. 2005. **Grapevine and climatic changes: a glance at the situation in Alsace.** Agron Sustain Dev.;23: 93-9.
8. Jones, G. V., Davis, R.E. 2000. **Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France.** Am J Enol Vitic.;51(3):249-61.
9. Jones, G. V., White, M.A., Cooper, O.R., Storchmann, K. 2005. **Climate change and global wine quality.** Clim Change.;73(3):319-43.



10. MMARM. 2011. **Los impactos del cambio climático en Europa: evaluación basada en indicadores - Informe conjunto de la AEMA, el CCI y la OMS.** AEMA. ISBN: 9788449111259.
11. Cabello, F., Rodríguez, I., Muñoz-Organero, G., Rubio, C., Benito, A., García-Beneytez, S. 2003. **La Colección de variedades de vid «El Encín»** [Internet]. 208 p. Disponible en: <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM005577.pdf>
12. Cortázar-Atauri, I., Chuine, I. 2010. **A curvilinear process-based phenological model to study impacts of climate change on grapevine (*Vitis vinifera* L.).** Proc Agro.:1-31.
13. Van Leeuwen, C., Friant, P., Choné, X., Tregouat, O., Koundouras, S., Dubourdieu, D. 2004. **Influence of climate, soil, and cultivar on terroir.** Am J Enol Vitic.; 55(3):207-17.
14. Fraga, H., Costa, R., Moutinho-Pereira, J., Correia, C.M., Dinis, L.T., Gonçalves, I., et al. 2015. **Modeling phenology, water status, and yield components of three Portuguese grapevines using the STICS crop model.** Am J Enol Vitic.; 66(4):482-91.
15. Morales-Castilla, I., de Cortázar-Atauri, I.G., Cook, B.I., Lacombe, T., Parker, A., van Leeuwen, C., et al. 2020. **Diversity buffers winegrowing regions from climate change losses.** Proc Natl Acad Sci U S A.; 117(6):2864-9.
16. Ollat, N., Touzard, J.M. 2014. **Long-Term Adaptation To Climate Change in Viticulture and Enology: the Laccave Project.** J Int Sci Vigne Vin.; (June):1-7.
17. 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).
18. Suter, B., Destrac-Irvine, A., Gowdy, M., Dai, Z., van Leeuwen, C. 2021. **Adapting Wine Grape Ripening to Global Change Requires a Multi-Trait Approach.** Front Plant Sci. 2021;12(February):1-17.
19. Mira de Orduña, R. 2010. **Climate change associated effects on grape and wine quality and production.** Food Res Int.; 43(7):1844-55.
20. Huglin, M.P. 1978. **Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole.** Comptes Rendus l'Académie d'Agriculture 64 :1117-26.
21. S. N., Eloy. 1978. Integral térmica vegetativa y producción de cosechas. Revista de extensión agraria.;187-91.
22. Rustioni, L., Maghradze, D., Popescu, C.F., Cola, G., Abashidze, E., Aroutiounian, R., et al. 2014. **First results of the European grapevine collections' collaborative network: Validation of a standard eno-carpological phenotyping method.** Vitis - J Grapevine Res.; 53(4):219-26.

6. Agradecimientos

El proyecto RTI2018-101085-R-C31 (MINORVIN) fue financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por el FEDER «A Way of Making Europe». F.E.E-R. recibió una subvención (PRE2019-089073) financiada por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y el FSE «Invertir en su futuro».

Residuos de Poda y su Efecto en la Microbiota de Suelos de la D.O. Ribeiro

Ester Abarquero¹, Emiliano Trigo-Córdoba¹, M. Dolores Loureiro¹, David Gramaje²,
Emilia Díaz-Losada¹

¹Estación de Viticultura e Enología de Galicia. Ponte San Clodio s/n 32428, Leiro Ourense

²Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV). Consejo Superior de Investigaciones Científicas –
Universidad de La Rioja – Gobierno de La Rioja. Ctra. LO-20 Salida 13, Finca La Grajera. 26007 Logroño.

Resumen

La poda anual en viñedos genera entre 1 y 2 toneladas de residuos por hectárea, que suelen gestionarse mediante la quema al aire libre o se incorporan al suelo tras ser triturados. En la actualidad, muchas explotaciones vitivinícolas han implementado trituradoras especializadas que desmenuzan estos residuos, promoviendo su descomposición por microorganismos del suelo y su conversión en fuentes de nitrógeno y carbono. A pesar de ello, la eliminación de residuos mediante quema sigue predominando, motivada por la idea de que puedan ser una fuente de inóculo de hongos causantes de enfermedades de madera de la vid (EMV). En este estudio se comparan los efectos de dos prácticas de manejo de residuos de poda en la diversidad microbiana del suelo de 13 viñedos de la D.O. Ribeiro. En siete viñedos los residuos se incorporaron al suelo durante cinco años, mientras que en los seis restantes se eliminaron. Se tomaron muestras de suelo a 10 cm de profundidad tres meses después de la poda durante dos años consecutivos y se extrajo ADN para el análisis de secuenciación de la región ITS2 para hongos. Los resultados no mostraron diferencias significativas en la riqueza de microorganismos (diversidad α) entre ambos tratamientos, pero sí en la composición de comunidades microbianas (diversidad β). Los suelos con residuos incorporados mostraron una mayor presencia de microorganismos potencialmente patógenos, incluyendo una abundancia notable del género *Diaporthe*.

1. Introducción

El conocimiento y caracterización de la microbiota del suelo es importante en el sector vitivinícola, ya que se ha demostrado que es un biomarcador único y característico para cada viñedo, influyendo en las características regionales del vino (Griggs et al., 2021). De hecho, se ha concluido que la biodiversidad microbiana asociada con un viñedo específico juega un papel clave en el crecimiento de las plantas, la calidad de la uva y el proceso de vinificación (Gilbert et al., 2014; Belda et al., 2020). Por otro lado, ciertos microorganismos patógenos pueden causar enfermedades en las plantas y afectar negativamente a su desarrollo (Lazcano et al., 2020).

La industria vitivinícola genera entre 1 y 2 toneladas de residuos por hectárea (Spinelli et al., 2012). En España, los restos de poda a veces se amontonan alrededor de los viñedos, se incorporan en el suelo con la ayuda de trituradoras o simplemente se queman. Con el tiempo, la madera de poda que no se elimina desarrolla naturalmente cuerpos fructíferos de especies como *Botryosphaeriaceae* (van Niekerk et al., 2010), así como otros hongos como *Cryptovalsa ampelina* (Luque et al., 2006). Por dicha razón, los viticultores tradicionalmente han optado por eliminar del viñedo estos restos de poda ya que se presupone como una fuente de hongos causantes de enfermedades de madera de la vid.

La secuenciación masiva es una técnica utilizada para determinar la presencia de los hongos fitopatógenos en suelo, comprobando de esta forma si el suelo actúa efectivamente como



reservorio de éstos (Louca et al., 2018). Varios estudios han investigado la diversidad microbiana en suelos de viñedos, y específicamente en aquellos con cultivo ecológico, o para evaluar el impacto de factores como la cobertura del suelo o el riego (Colautti et al., 2023). Sin embargo, aún no se ha examinado la microbiota relacionada con la incorporación de restos de poda. El objetivo de este trabajo es comparar la diversidad microbiana en viñedos donde se incorporan restos de poda (T1) con aquellos donde se eliminan dichos restos (T2).

2. Material y Métodos

Este estudio se llevó a cabo en 13 viñedos de la D.O. Ribeiro, localizada en la provincia de Ourense (Galicia) en las confluencias de los valles formados por los ríos Miño, Avia y Arnoia. En siete de ellos se incorporaron los restos de poda al suelo durante cinco años (T1), y en los otros seis de ellos los restos de la poda se eliminan del viñedo y se queman (T2). El mantenimiento del cultivo en todos los viñedos se ha realizado de forma similar, siguiendo las prácticas de una viticultura integrada. Se realizaron muestreos de suelo en tres épocas: en diciembre de 2021, previo a la poda de invierno; mayo de 2022, tres meses después de la poda; y diciembre de 2022, diez meses tras la poda. Se recogieron muestras de suelo de los 10 cm superiores en 3 zonas de cada parcela a razón de 5 puntos por zona. Las muestras de cada zona se mezclaron, una porción de la misma se secó y tamizó para análisis físico-químico y otra porción se conservó a -70°C hasta su procesado para análisis metagenómico.

2.1 Analítica de suelo

Para los análisis químicos, 0,5 kg del suelo recogido, secado al aire durante 48 h, se homogeneizó por tamizado excluyendo las partículas con un diámetro > 2 mm. Se analizó la composición química en laboratorio acreditado.

2.2 Secuenciación de DNA

Se analizaron un total de 129 muestras de ADN. Se extrajo el ADN genómico de 0,25 gr de la muestra de suelo utilizando el kit DNeasy Power Soil (QIAGEN, Alemania). Se amplificó la región completa del ITS2 fúngico (aproximadamente 300 pb) utilizando los cebadores universales ITS3/KYO2 y ITS4 (Toju et al., 2012). La biblioteca genómica se preparó según el protocolo de preparación de bibliotecas de secuenciación metagenómica (Illumina, San Diego, EE. UU.). La información de metadatos, la tabla de OTUs y las clasificaciones taxonómicas asociadas se depositaron en MicrobiomeAnalyst (2.0) (<https://www.microbiomeanalyst.ca/>).

2.3 Analisis estadístico

Para evaluar la existencia de diferencias significativas entre los dos tipos de manejo (T1, T2) en relación a los parámetros de fertilidad del suelo se realizó un ANOVA con el paquete estadístico XLSTAT-BASIC+ (Addinsoft, Paris, France). Dentro de cada tipo de muestra se calcularon estimaciones de diversidad α mediante el análisis de la riqueza de Chao1 y la diversidad de Shannon en el paquete Phyloseq, tal como se implementa en la herramienta MicrobiomeAnalyst (Dhariwal et al., 2017). Se investigaron las relaciones en la composición de OTU entre las muestras mediante el cálculo de métricas de Bray Curtis, y se visualizaron mediante gráficos de PCoA (Vázquez-Baeza et al., 2013) utilizando MicrobiomeAnalyst. Se realizó un PERMANOVA para investigar qué OTUs diferían significativamente en abundancia entre los factores experimentales. Se utilizó el análisis de Discriminación Lineal (LEfSe) para identificar taxones (nivel de género) que diferían en abundancia relativa entre los tratamientos.



3. Resultados y discusión

3.1. Análisis químico de los suelos

Los valores medios y la significación de cada variable de la fertilidad del suelo en los dos tipos de manejo se recogen en la tabla 1. Los resultados indican diferencias significativas entre los distintos manejos. En las parcelas con restos de poda (T1) se observó un pH más neutro, menor contenido en aluminio y en fósforo. No se observaron diferencias significativas en el porcentaje de materia orgánica, carbono y nitrógeno entre los dos manejos, si bien el aporte de madera de poda debería incidir en su incremento en suelo. Ello puede estar condicionado por el tipo de trillado. El trillado de los restos de poda se realizó con una desbrozadora de martillos, con sucesivos pases durante la campaña, que no genera un trillado fino lo que dificulta su degradación.

Tabla 1. Valores medios y desviación estándar de los parámetros de fertilidad de suelo en función del manejo de los residuos de poda, (T1, incorporación de restos de poda al suelo del viñedo y T2, eliminación de restos de poda del suelo del viñedo).

VARIABLE	T1		T2		Valor de <i>p</i>
	MEDIA	SD	MEDIA	SD	
pH	6,13 ± 0,82		5,31 ± 0,73		**
C %	2,12 ± 0,88		1,79 ± 1,04		
N %	0,15 ± 0,05		0,14 ± 0,10		
M.O.%	3,65 ± 1,50		3,09 ± 1,79		
C/N	13,94 ± 2,00		13,7 ± 2,35		
Ca cmol(+)/Kg	4,61 ± 2,72		5,09 ± 4,25		
Mg mg/Kg	117,81 ± 112,00		173,24 ± 257,24		
Al cmol(+)/Kg	0,96 ± 1,68		1,75 ± 2,44		**
Na cmol(+)/Kg	0,1 ± 0,03		0,11 ± 0,07		
K mg/Kg	231,14 ± 140,00		332 ± 239,85		
P mg/Kg	38,1 ± 20,10		86 ± 56,15		*

* $p < 0,05$; $p < 0,01$

3.2 Comunidades fúngicas

La diversidad α difiere entre los distintos muestreos (índice de Chao, $p = 3,2035e-06$ e índice de Shannon $p = 0,00011347$; fig. 1) y el análisis de componentes principales de Bray Curtis muestra que las distintas épocas de muestreo son una fuente de la diversidad β ($R^2 = 0.30747$, $p = 0,001$; fig. 2), con una mayor similitud entre diciembre de 2021 y mayo de 2022 que con diciembre de 2022, por lo que cada muestreo se analizará independientemente.

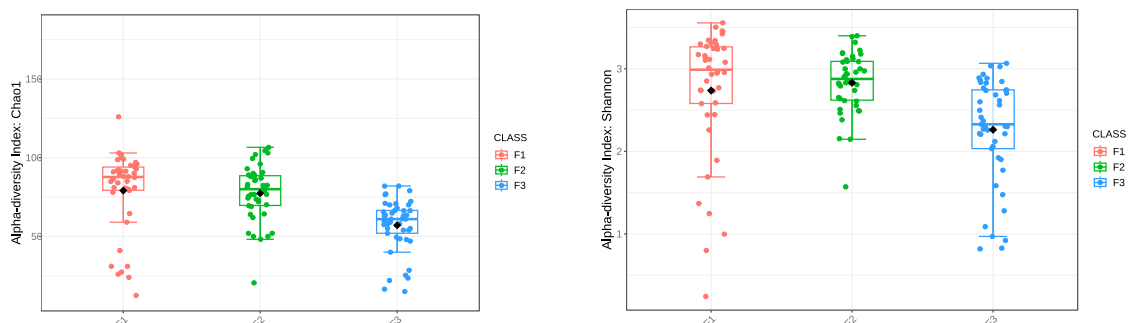


Fig1. Diversidad α (índice de Chao e índice de Shannon) evaluada en función de la época de muestreo (F1, diciembre 2021, F2 mayo 2022, F3 diciembre 2022)

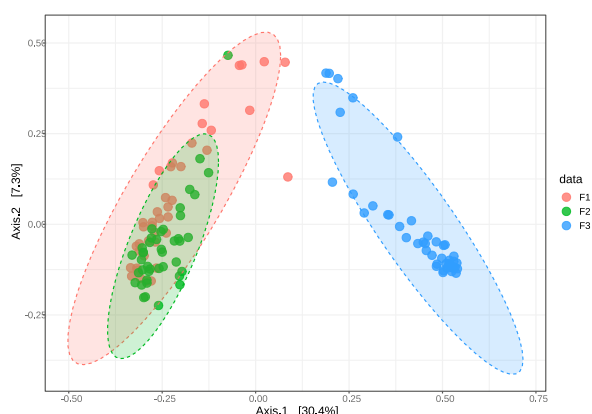


Fig.2. Análisis de componentes principales (PCoA) basado en el método de disimilitud de Bray Curtis (F1, diciembre 2021, F2 mayo 2022, F3 diciembre 2022)

En la figura 3 se representan los porcentajes relativos de los principales filos identificados en cada una de los muestreos. El filo Ascomycota fue el que presentó una mayor abundancia relativa en ambos manejos (T1 y T2) independientemente de la época de muestreo. En los muestreos de diciembre de 2021 (F1) y mayo de 2022 (F2) también destacaron los filos Basidiomycota y Mucoromycota con una abundancia relativa ligeramente superior en el manejo T2.

La diversidad α no ha diferido entre los distintos manejos T1 y T2 (índice de Chao e índice de Shannon $p > 0,05$; datos no mostrados), a excepción del muestreo de diciembre de 2022, en el que se observó una mayor riqueza en los viñedos en los que se incorporan restos de poda frente a los que no se incorporan (índice de Chao $p = 0,01$; datos no mostrados).

La diversidad β se muestra como una variable diferenciadora entre los dos manejos en todos los muestreos de suelos realizados, tal como muestran los resultados del análisis de componentes principales en la figura 4 (muestreo de diciembre R^2 0,073, $p = 0,001$; muestreo de mayo de 2022 R^2 0,065, $p = 0,001$; muestreo de diciembre 2022, R^2 0,06, $p = 0,003$).

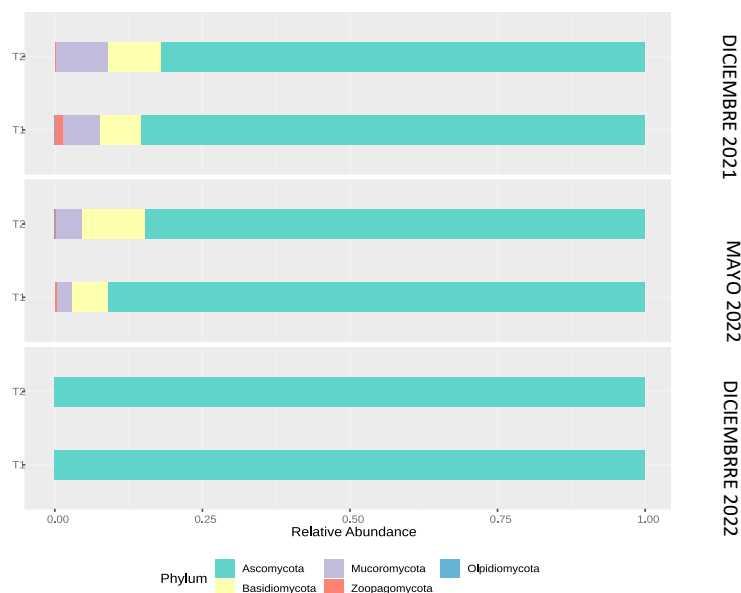


Figura 3. Abundancia relativa de los filos identificados en cada manejo de suelo (T1 parcelas con restos de poda, T2 parcelas sin restos de poda) y para cada muestreo.

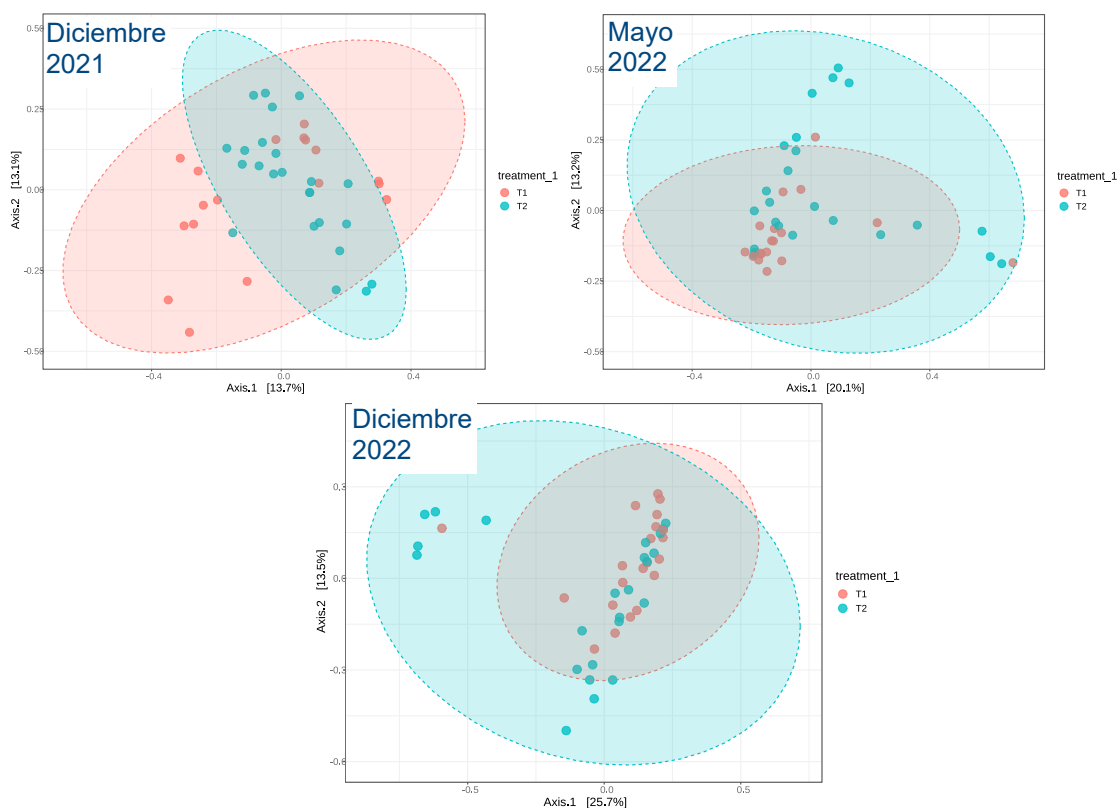


Fig.4. Análisis de componentes principales (PCoA) basado en el método de disimilaridad de Bray Curtis (T1 viñedos con incorporación de restos de poda y T2 viñedos sin incorporación de restos de poda) para las distintas épocas de muestreo.

El análisis discriminante lineal (LDA) ha permitido identificar los taxones cuya abundancia determina una mayor diferenciación entre los dos tipos de manejo de cultivo (fig. 5).

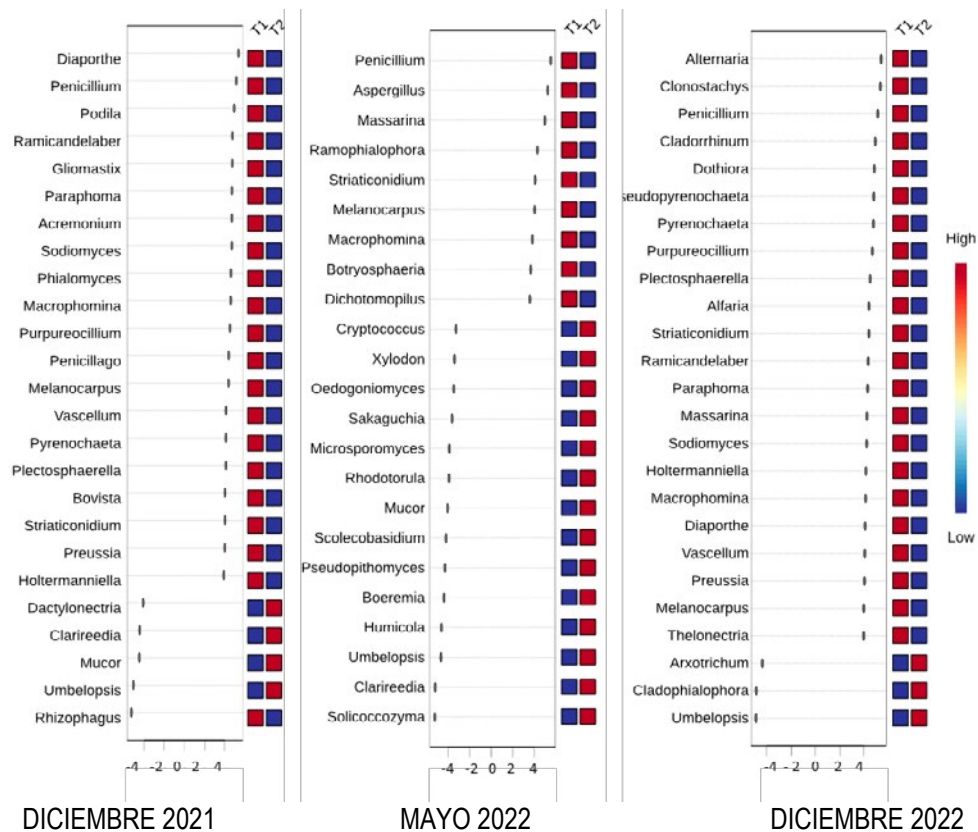


Fig.5. Análisis discriminante lineal de los géneros de hongos identificados para los distintos manejos de los restos de poda (T1 viñedos con incorporación de restos de poda y T2 viñedos sin incorporación de restos de poda) y las distintas épocas de muestreo.

El género *Diaporthe*, agente causal de la excoriosis en la vid, se establece como un taxon diferenciador entre ambos sistemas de manejo en los muestreos de diciembre de 2021 y 2022, siendo más abundante en los viñedos que incorporan restos de poda. La excoriosis es una enfermedad con una incidencia elevada en los viñedos gallegos, ya que las abundantes lluvias primaverales son muy propicias para su desarrollo. Otros hongos relacionados con las enfermedades de la madera de la vid, como *Dactylonectria*, responsable de causar la enfermedad conocida como Pie Negro y *Botryosphaeria*, *Diplodia* o *Cadophora*, todas relacionadas con la pudredumbre de la madera, se han presentado en mayor abundancia en aquellos viñedos en los que se incorporaron los restos de poda, si bien su presencia ha sido variable en función de la época de muestreo (fig.5).

Para evaluar cómo puede afectar la incorporación de madera de poda a los viñedos en la funcionalidad fúngica, se agruparon los géneros más abundantes según su función, mediante la utilización de la base de datos FUNGuild. Los hongos se agruparon en 9 grupos (fig. 6). Uno de los grupos más relevantes en todos los muestreos ha sido el de patógenos vegetales, que a excepción del muestreo de mayo, es más abundante en los viñedos en los que se incorporan los restos de poda. Entre los patógenos incluidos en este grupo son de destacar *Alternaria*, *Botrytis*, *Bovista*, *Diaporthe*, *Didymella*, *Diplodia*, *Ilyonectria*, *Penicillium*, *Trichocladium* y *Fusarium*.

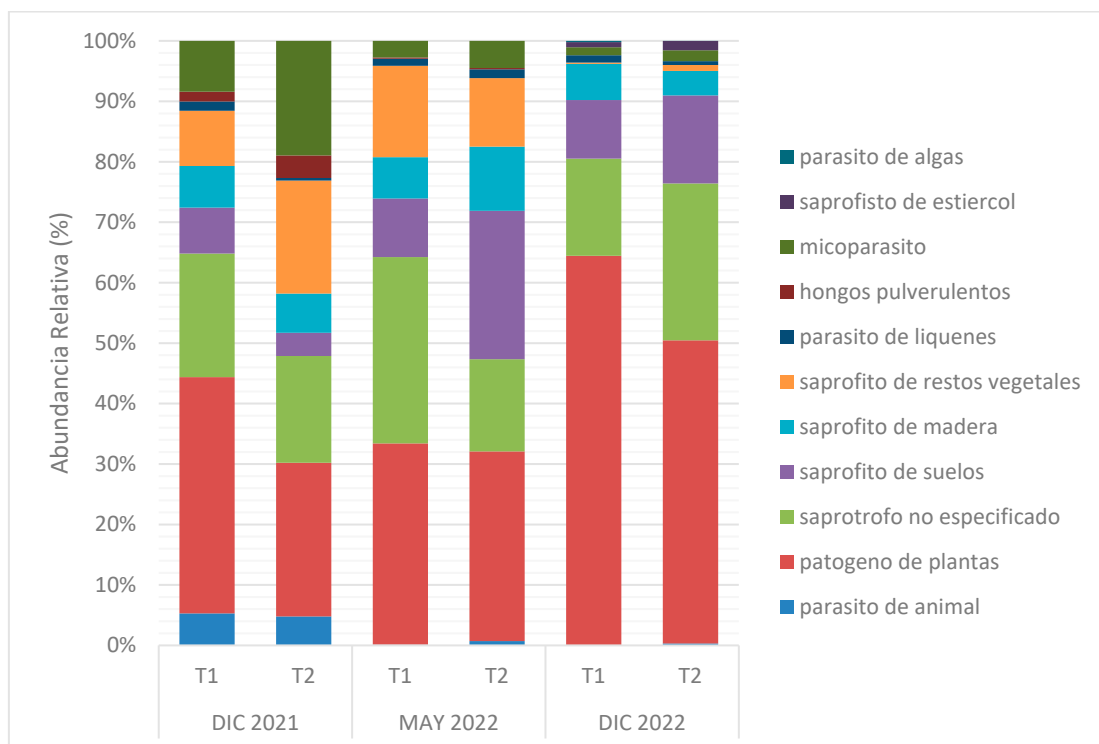


Fig.6. Abundancia relativa de grupos funcionales de hongos inferidos a partir de FUNGuild, para cada manejo de los restos de poda (T1 viñedos con incorporación de restos de poda y T2 viñedos sin incorporación de restos de poda) para las distintas épocas de muestreo.

4. Conclusiones

Los estudios se centran en analizar los microorganismos presentes en los suelos de viñedos, comparando parcelas donde se incorporan residuos de madera de poda frente a aquellas en las que la poda se elimina mediante quema. Se ha observado que la incorporación de estos residuos conlleva un incremento en la abundancia de microorganismos patógenos en el suelo. De especial interés es el aumento de hongos causantes de las EMV, destacando por su prevalencia el género *Diaporthe* principal agente de la excoriosis.

5. Bibliografía

1. BELDA, I.; GOBBI, A.; RUIZ, J.; DE CELIS, M.; ORTIZ-ALVAREZ, R.; ACEDO, A. (2020). **Microbiomics to define wine terroir. Compr. Foodomics**, 438–451.
2. COLAUTTI, A.; CIVILINI, M.; CONTIN, M.; CELOTTI, E, y IACUMIN, L. (2023) **Organic vs. conventional: impact of cultivation treatments on the soil microbiota in the vineyard.** Front Microbiol Oct 12;14:1242267.
3. DHARIWAL, A.; CHONG, J.; HABIB, S.; KING, I. L.; AGELLON, L. B.; XIA, J. (2017). **MicrobiomeAnalyst: a web-based tool for comprehensive statistical, visual and meta-analysis of microbiome data.** Nucleic Acids Res. 45 W180–W188.
4. GILBERT, J. A.; VAN DER LELIE, D.; ZARRAONAINDIA, I.; (2014). **Microbial terroir for wine grapes.** Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 111, 5–6.



5. GRIGGS, RG.; STEENWERTH, KL.; MILLS, DA.; CANTU, D.; y BOKULICH, NA. (2021). **Sources y Assembly of Microbial Communities in Vineyards as a Functional Component of Winegrowing.** *Front. Microbiol.* 12:836.
6. LAZCANO, C.; DECOCK, C.; y WILSON, SG. (2020) **Defining y Managing for Healthy Vineyard Soils, Intersections With the Concept of Terroir.** *Front. Environ. Sci.* 8:68.
7. LOUCA, S.; POLZ, MF.; MAZEL, F.; ALBRIGHT, MBN.; HUBER, JA.; O'CONNOR, MI. (2018) **Function y functional redundancy in microbial systems.** *Nat. Ecol. Evol.* 2:936-943.
8. LUQUE, J.; SIERRA, D.; TORRES, E.; GARCIA, F. (2006). **Cryptovalsa ampelina on grapevines in N.E. Spain: identification y pathogenicity.** *Phytopathol Mediterr.*, 45, S101-S109.
9. SPINELLI, R., NATI, C., PARI, L., MESCALCHIN, E., MAGAGNOTTI, N. (2012). **Production and quality of biomass fuels from mechanized collection and processing of vineyard pruning residues.** *Appl. Energy*, 89(1), 374-379. ISSN 0306-2619.
10. VAN NIEKERK, JM.; CALITZ, FJ.; HALLEEN, F.; FOURIE, PH. (2010). **Temporal spore dispersal patterns of grapevine trunk pathogens in South Africa.** *Eur J Plant Pathol*, 127, 375-390.
11. VÁZQUEZ-BAEZA, Y.; PIRRUNG, M.; GONZALEZ, A.; KNIGHT, R. (2013). **EMPeror: a tool for visualizing high-throughput microbial community data.** *Gigascience* 2:16.
12. TOJU, H.; TANABE, AS.; YAMAMOTO, S.; SATO, H. (2012) **High-Coverage ITS Primers for the DNA-Based Identification of Ascomycetes y Basidiomycetes in Environmental Samples.** *PLoS ONE* 7:7.

6. Agradecimientos

Agencia Estatal de Investigación por la ayuda para contratos predoctorales para la formación de doctores contemplada en el Subprograma Estatal de Formación del Programa Estatal para Desarrollar, Atraer y Retener Talento, en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2017-2020. María Dolores Loureiro Rodríguez está cofinanciada por la Xunta de Galicia mediante Resolución de la Axencia Galega de Innovación del 1 de marzo de 2021 (Programa Talento senior).

Agencia Gallega de la Calidad Alimentaria para el apoyo de proyectos piloto, desarrollo de nuevos productos, prácticas, procesos y tecnologías en el ámbito agroforestal, cofinanciadas con el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (Feader) en el marco del Programa de desarrollo rural (PDR) de Galicia 2014-2020 (Resolución de 03 de febrero de 2021, DOG nº 33 del 18 de 3 por la ayuda para el proyecto con título "VIÑ@SOSTIBLE/VIÑ@SOSTIBLE - VALORIZACIÓN DE RESIDUOS VITIVINÍCOLAS EN La ELABORACIÓN DE VINOS SOSTENIBLES"

Diferencias clonales en la absorción mineral del cv. “Tempranillo” (*Vitis vinifera* L.)

Ignacio Martín; Alicia Pou; Luis Rivacoba; Elisa Baroja; Sergio Ibáñez; Juana Martínez;
Javier Portu

*Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino, ICVV (CSIC, Universidad de La Rioja, Gobierno de La Rioja).
Servicio de Investigación Vitivinícola. Finca La Grajera, Ctra. Burgos km 6. 26071 Logroño (La Rioja; España).
Teléfono: +34 941 053 087, Correo electrónico: ignacio.martin@icvv.es*

Resumen

Los clones de vid recogen una variabilidad genética dentro de cada variedad que ofrece una amplia gama de respuestas adaptativas a cambios severos en las condiciones de cultivo. En este sentido, los clones ofrecen distintas respuestas en términos productivos – tamaño de racimo, racimos por cepa, tamaño de la baya -, y vegetativos, que pueden ayudar a paliar los efectos negativos producidos por una mayor limitación hídrica y por un mayor estrés térmico, que derivan en ciclos de cultivo y periodos de maduración más cortos.

El objetivo de este trabajo es evaluar cómo se comportan once clones de la variedad Tempranillo, seleccionados de entre los recogidos en la colección existente en la finca experimental de La Grajera (Logroño), respecto a la absorción y translocación de diez nutrientes. Para ello, se analizaron las concentraciones (m.s.), en limbos y peciolo, de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, B, y Na, tanto en floración como en envero.

Los resultados del primer año muestran diferencias clonales en la utilización de los recursos disponibles, tanto hídricos como nutricionales, observándose procesos de concentración-dilución asociados tanto a su disponibilidad en el suelo como a las diferencias en el desarrollo vegetativo registrado en cada clon.

Palabras clave: adaptación, calentamiento, estrés hídrico, nutrición, nutrientes

1. Introducción

Los clones aportan variabilidad en las aptitudes vitícolas y enológicas de una variedad, siendo un importante recurso adaptativo tanto en términos productivos como en vegetativos, aportando resistencia a condiciones edafo-climáticas diferentes, como ciclos de cultivo más cálidos o un mayor estrés hídrico.

El estudio de la respuesta del material vegetal a distintas condiciones edafológicas y climáticas en cada zona vitícola es fundamental para plantear respuestas a los diferentes niveles de estrés a los que puede verse sometida una variedad concreta en distintos escenarios. En este sentido, el gran número de clones conservados en bancos de germoplasma, como el situado en la finca experimental de La Grajera (Logroño, La Rioja), con 729 clones del cv. Tempranillo, recoge una variabilidad intravarietal capaz de aportar diferencias incluso superiores a las que se puede encontrar entre algunas variedades actualmente en cultivo. Son numerosos los estudios



que se están desarrollando en la actualidad, en diferentes regiones vitícolas, con el objetivo de caracterizar las diferencias clonales para proponer alternativas a los clones actualmente cultivados, valorando tanto su respuesta vitícola y enológica como su aptitud para responder a nuevos escenarios climáticos.

Los antecedentes de los resultados mostrados en este trabajo provienen de sucesivas valoraciones y cribados de los clones pertenecientes al banco de germoplasma de La Grajera, trabajos que comenzaron en el año 2009, en el caso de las variedades tintas, y en el 2012 en el caso de las variedades blancas, y cuyo fin último es la certificación de una nueva selección de clones que respondiese a las necesidades más actuales del sector vitivinícola, al mismo tiempo que se aumentaba la diversidad de clones actualmente disponibles en el mercado.

Durante el año 2023 se ha comenzado la evaluación, a nivel nutricional, de once clones preseleccionados de los estudiados en años anteriores, trabajo que continuará a través de un Proyecto Nacional para el período 2023-2027 (PID2022-138638OB-I00). A este respecto, la obtención de recursos del medio no sólo depende del portainjerto elegido, ya que también están constatadas las diferencias varietales respecto a la absorción de nutrientes y el distinto comportamiento en la acumulación de estos en los distintos tejidos renovables y permanentes. En este sentido, las referencias nutricionales para variedades como Tempranillo (García-Escudero et al., 2013), Garnacha (Benito et al., 2015) o la variedad blanca Viura (Martín et al., 2018), dan ejemplo de este hecho, al igual que la dinámica de absorción y acumulación en hojas a lo largo del ciclo para Tempranillo (Romero et al., 2013), Garnacha (Benito et al., 2013), Graciano (Domínguez et al., 2015) o Mencía y Sousón (Cancela et al., 2018). De igual modo, las diferencias clonales a nivel vegetativo y productivo, dentro de una variedad, también afectan a la absorción, translocación y acumulación de nutrientes y, por tanto, la demanda de estos se puede ver afectada de forma importante por el clon elegido (Ruseani et al., 2022; Torres et al., 2018).

Por otro lado, los cambios en las condiciones ambientales afectan de forma considerable a la utilización de recursos, tanto hídricos como nutricionales. Dado que el agua es el medio de transporte y absorción de los nutrientes en la planta, la limitación hídrica o los excesos térmicos producirán la limitación o bloqueo de la absorción, generando a su vez procesos de dilución de aquellos elementos que se encuentren en menor disponibilidad en el suelo, o procesos de acumulación de aquellos elementos en alta concentración en el suelo o como consecuencia del menor desarrollo vegetativo tras el bloqueo (Martín et al., 2017, 2022). En este sentido, las diferencias clonales acentuarán o atenuarán estos efectos de concentración-dilución, según su comportamiento vegeto-productivo ante las condiciones edafo-climáticas a las que se vean sometidos.

El objetivo de este proyecto es evaluar y modelizar el comportamiento de 11 clones de cv. Tempranillo, a nivel fenológico, fisiológico, agronómico y enológico, respecto a distintos parámetros ambientales. Este trabajo se centrará en la absorción y acumulación de elementos esenciales.

2. Material y Métodos

Tras años de selecciones previas, en el año 2023 comenzó el estudio de once clones de Tempranillo elegidos para continuar con la evaluación de su comportamiento vitivinícola y su potencial adaptativo a las condiciones de cultivo actuales. Los resultados de este trabajo



corresponden a la campaña 2023. El estudio se lleva a cabo en una parcela experimental situada en la finca Valdegón, en el término municipal de Agoncillo (La Rioja). El viñedo se estableció en 2016 con un diseño de tres bloques y 30 clones distribuidos al azar dentro de ellos, orientación Noroeste-Sureste de las líneas y una densidad de plantación de 3.100 cepas/ha (2,8 x 1,2 m). La parcela cuenta con riego por goteo para apoyo ocasional en situaciones extremas de estrés hídrico. Las clones de la variedad 'Tempranillo' se injertaron sobre el portainjerto 110-Richter y se conducen en espaldera, según un sistema Cordón Royat doble, manteniendo seis pulgares y entre 10 y 12 yemas por cepa. Los clones elegidos para esta fase del estudio son los denominados: 56, 232, 336, 571, 767, 807, 1041, 1048, 1084, 1371, utilizándose como referencia actual el clon RJ-43, clon ampliamente utilizado en La Rioja y procedente de la anterior selección clonal de la variedad Tempranillo.

El suelo de la parcela de ensayo se clasifica como *Haplocambids* típico, con textura franca arcillolimosa (USDA), que se maneja mediante laboreo convencional, y que no presenta limitaciones preocupantes a nivel físico-químico, con pH elevado (8,5), baja conductividad eléctrica (CE, 0,21 mS/cm) y buen nivel de materia orgánica (2,08%), carbonatos (30,1%) y CIC (14,1 cmol_c/kg). La caliza activa es algo elevada en superficie (10,8%), pero se reduce drásticamente a partir de los primeros 40 cm de profundidad. A nivel nutricional, se observa un suelo con buena fertilidad de nitrógeno, fósforo y cationes de cambio (K, Ca, Mg), y sin desequilibrios nutricionales destacables, ni siquiera entre los cationes (relaciones K/Mg y Ca/Mg). Las precipitaciones acumuladas entre noviembre de 2022 y floración de 2023 alcanzaron los 289 mm, por debajo de la media del período 1998-2023 (334 mm), lo que se extiende hasta el envero, llegando apenas a 299 mm (Fig.1).

La evaluación del estado nutricional se ha llevado a cabo a partir del análisis de limbo y pecíolo, en dos momentos del ciclo: floración y envero. En cada repetición, se muestrearon 20 hojas completas, sanas y totalmente desarrolladas, no senescentes, procedentes de 10 cepas representativas, de pámpanos fructíferos de vigor medio, en posición opuesta al primer racimo en floración y en posición opuesta al segundo racimo en el envero. Las diferentes exposiciones al sol también fueron consideradas, muestreándose ambos lados de la calle. Limbos y pecíolos se lavaron con agua corriente y agua destilada y se secaron en estufa a 70°C. Las muestras secas se molieron con un molino ultracentrífugo de tamiz inferior a 0,5 mm. Se determinó el N total (N-orgánico+N-NH₄⁺) mediante el método Kjeldahl, y los nutrientes: P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, B y Na, mediante digestión con H₂SO₄ (95%) y H₂O₂ (30%) y determinación con ICP-AES. Las concentraciones se expresan en peso seco.

Asimismo, en el momento de la vendimia se evaluaron diferentes componentes del rendimiento, contabilizándose pulgares, pámpanos y los racimos por cepa, y determinándose el peso del racimo y el rendimiento unitario por cepa para cada repetición.

El estudio estadístico incluyó un análisis de componentes principales, con objeto de condensar la información del conjunto de variables y así detectar los vectores de variación. Para ello, se utilizó una matriz de componentes rotada como análisis factorial de datos estandarizados y el método de extracción se llevó a cabo mediante un gráfico de sedimentación, con Autovalores > 1. Las variables fueron adecuadamente representadas por el modelo. El programa estadístico utilizado ha sido el InfoStat 5.0. Finalmente, se llevó a cabo un test no paramétrico de Normalidad Shapiro-Wilks, el test de Levene para comprobar la homocedasticidad de los datos, transformándose los datos a logaritmo cuando fue necesario. Las diferencias entre clones se



analizaron mediante un procedimiento ANOVA, seguido del test de separación de medias Duncan, con un nivel de confianza $p \leq 0,05$. El programa estadístico utilizado ha sido el SPSS 22.0.

3. Resultados

Los resultados del primer año se deben enmarcar en un año no especialmente seco en los primeros meses del año pero que, tras la floración, acusó una ausencia casi total de precipitaciones efectivas, lo que afectaría a la capacidad de captación de nutrientes durante el desarrollo vegetativo y la maduración. La valoración del estado nutricional de cada clon necesita considerar la producción de biomasa, tanto de uva como de material vegetal renovable, con el objeto de ver su relación con la disponibilidad de nutrientes en las condiciones de ensayo. Debido a ello, se han incluido indicadores de ambos parámetros en el análisis de PCA.

El estudio resultó en la extracción de cuatro componentes principales con autovalores superiores a 1, de las cuales se muestra la representación de las dos primeras, que representan 28,7% y 23,7% de la varianza, respectivamente (Tabla 1 y Fig. 1).

Tabla 1. Matriz de los análisis de Componentes Principales (PCA). Correlaciones entre las variables originales y las dos primeras PC estandarizadas. Contribución relativa de las PC (%) a la varianza total de los datos.

	N	P	K	Ca	Mg	C	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Na	Rto.	I.Ravaz
PC1	0,59	-0,23	-0,26	-0,53	-0,41	0,86	-0,40	-0,26	0,02	-0,61	-0,74	-0,80	-0,76	0,10
PC2	-0,13	0,52	0,84	-0,30	-0,57	-0,11	-0,76	-0,62	-0,81	0,07	0,05	0,17	0,10	-0,49

El estudio de componentes principales muestra que el Rendimiento final (kg/cepa) correlaciona, en floración, principalmente de forma negativa con CP1, al igual que lo hacen las concentraciones de B, Cu, Ca, Mg, Fe, Mn, K y P (Fig. 1). Esto indicaría que los clones con los valores más bajos de CP1 (negativos) mostrarían alta producción (Fig. 2) y al menos no presentarían menores concentraciones de estos elementos respecto a los demás en general, lo que sería por tanto un buen indicador de que la parcela de ensayo es suficientemente fértil, en estos nutrientes, como para cubrir los requerimientos de los clones más productivos hasta floración (Fig. 2). Este comportamiento se infiere, de forma similar, a partir de los análisis de material vegetal, como el de limbo en floración (Fig. 3) o en pecíolo (datos no mostrados). Sin embargo, el N sería el elemento con un comportamiento diferenciado frente a los demás nutrientes, con correlación positiva respecto a la CP1, lo que se traduciría en menores concentraciones en los clones con mayor producción, de biomasa o de uva, y haciendo de este nutriente el elemento limitante en la parcela de ensayo (Figs. 1 y 3).

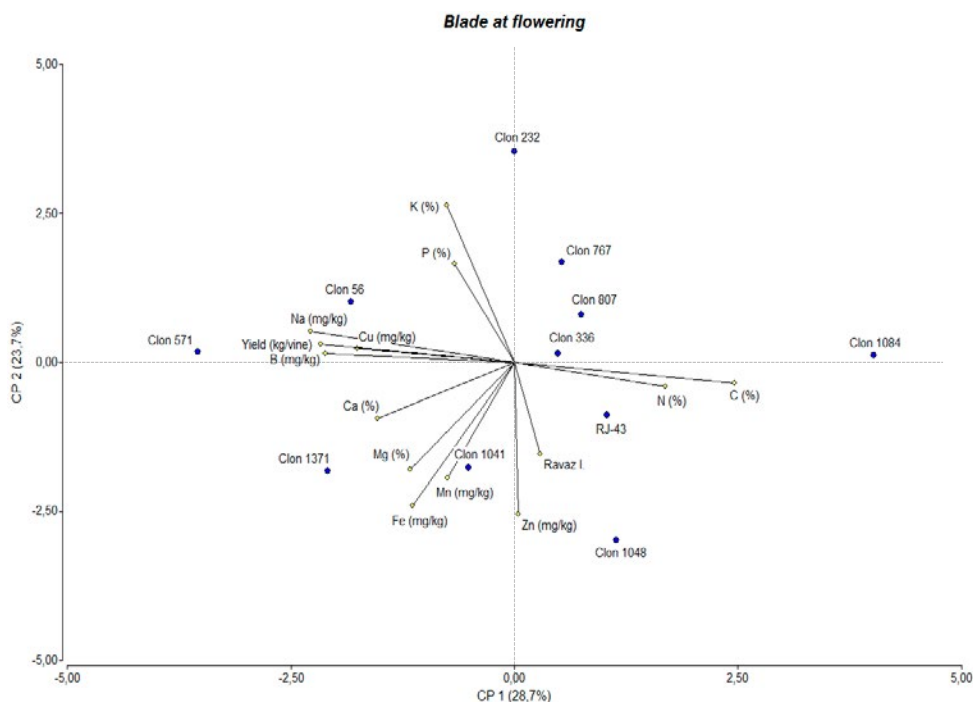


Fig. 1. Análisis de Componentes Principales: PC1 vs. PC2 para limbo en floración.

En cuanto a la producción de biomasa se observaron algunas diferencias clonales, destacando la mayor producción de uva del clon 1371, sin diferenciarse en vigor de la práctica totalidad de clones estudiados, con la excepción del clon 232, el menos vigoroso de todos ellos (Fig. 2). Estas diferencias podrían generar diferencias de concentración de los nutrientes en la planta, especialmente si estos se encontrasen limitados en el medio.

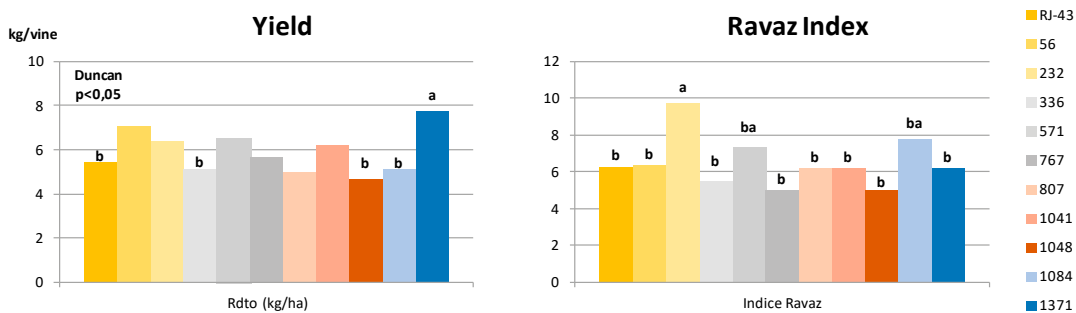


Fig. 2. Rendimiento e Índice de Ravaz. Letras diferentes indica diferencias significativas (Test de Duncan, $p < 0,05$)

A este respecto, la evaluación nutricional en floración, momento de mayor demanda de los dos momentos estudiados, indica que los clones que finalmente tienden a ser menos productivos: RJ-43, 336, 1048 y 1084, los cuales no mostraron ser menos vigorosos (Fig. 2), no mostraron efectos de concentración en este momento para la práctica totalidad de los nutrientes, cuando los racimos no han comenzado su mayor desarrollo, con la excepción del nitrógeno



(Fig.3). Esto indicaría que la fertilidad del suelo ha sido capaz de suministrar las necesidades de nutrientes para todos los clones, con excepción del nitrógeno, manifestándose ya en floración como el elemento limitante (Fig. 3). En este sentido, los clones que finalmente tienden a presentar mayor vigor o las mayores producciones (Fig. 2) serían los que, en general, menores concentraciones de nitrógeno presentan, tal y como mostrarían los clones 56, 571, 767, 1041 y 1371 (Fig. 3). Por otro lado, la concentración y dilución de algunos nutrientes, como el Ca, Mg, K y el P en algunos de los clones estudiados, podría sugerir diferencias clonales que se podrían acentuar en situaciones más limitantes que las ensayadas, incluyendo la capacidad de limitar la absorción de sodio por parte de algunos clones, como el 1084 (Fig. 3).

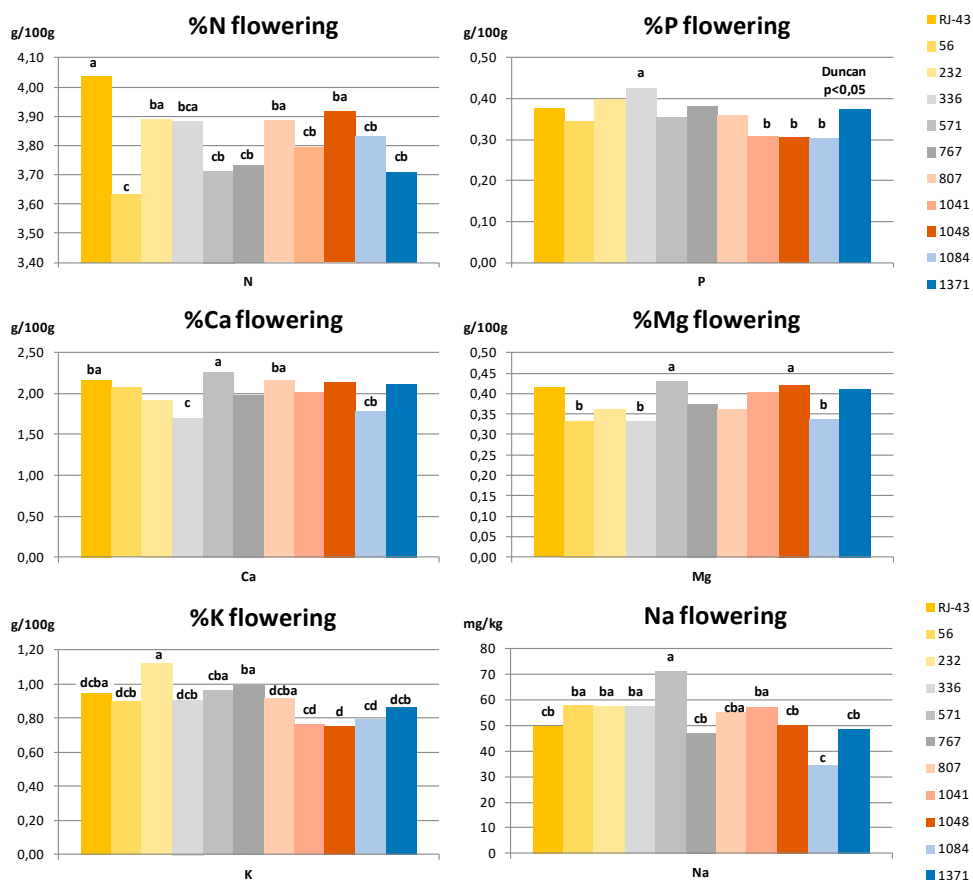


Fig. 3. Concentración de nutrientes (m.s.) en limbo en floración. Letras diferentes indica diferencias significativas (Test de Duncan, $p \leq 0,05$)

Respecto a la situación en enero, momento en que se reducen los requerimientos destinados al desarrollo vegetativo pero se incrementaría el transporte de nutrientes hacia los racimos, las diferencias respecto al nitrógeno se atenúan, al ser capaz el viñedo de equilibrar sus concentraciones (Fig. 4), observándose que los clones 56 y 336 serían los únicos con problemas para alcanzar las concentraciones de nitrógeno más altas observadas. En este sentido, parece observarse que el clon 56 también presentaría menores concentraciones de P, K, Mg o Zn, y mayores de B, respecto a otros clones, lo que parece ser un comportamiento diferenciador, más si cabe a tenor de sus escasas diferencias en términos de producción y vigor respecto a los demás clones (Fig. 2), de lo que se desprende cierta dificultad para mantener el nivel de



absorción de nutrientes que mantienen otros clones igualmente productivos en uva y/o biomasa renovable (Fig. 2 y Fig. 4).

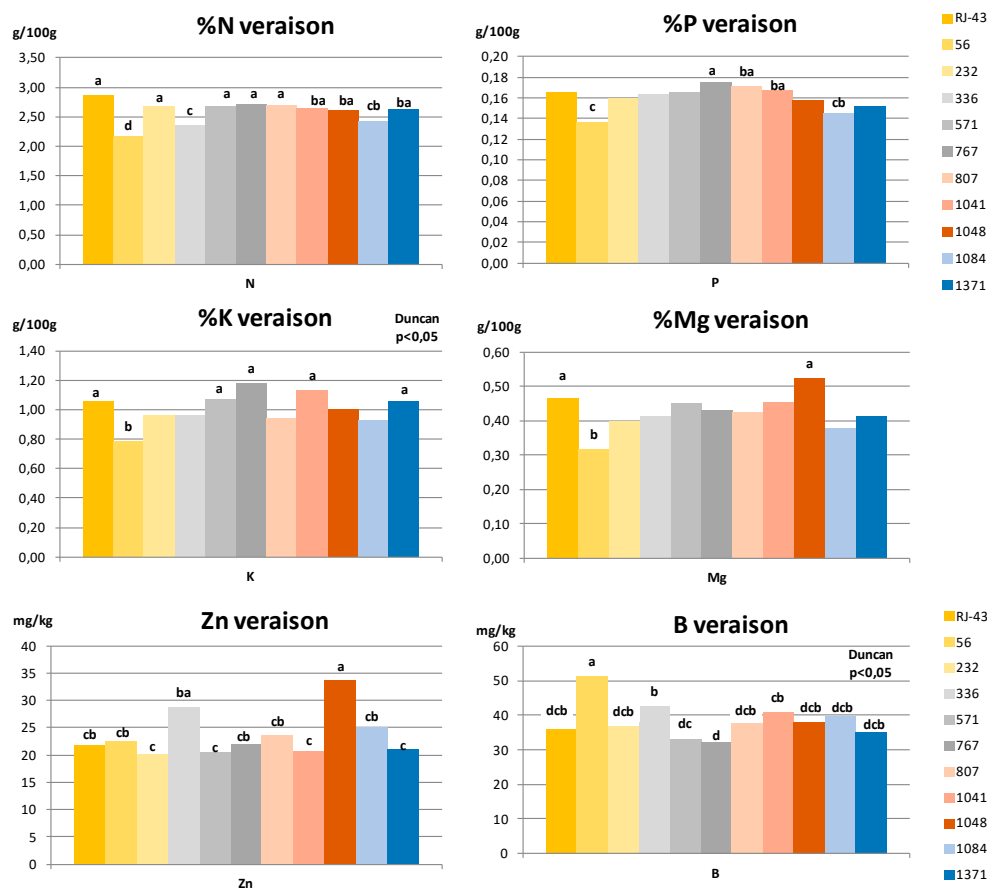


Fig. 4. Concentración de nutrientes (m.s.) en limbo en envero. Letras diferentes indica diferencias significativas (Test de Duncan, $p \leq 0,05$)

Por otro lado, parece que algunos micronutrientes, como boro y zinc, acaban mostrando diferencias clonales en el momento de envero (Fig. 4), que podrían estar relacionadas con las diferencias en la producción de uva y biomasa y sugerirían que, finalmente, el suelo puede llegar a mostrar alguna limitación en estos nutrientes, a medida que transcurre el ciclo, como consecuencia del alto nivel de demanda por parte del cultivo (Fig. 2 y Fig. 4).

Estos resultados, en unas condiciones post-floración tan limitantes desde el punto de vista hídrico, hacen necesario evaluar el comportamiento de los clones estudiados durante un mayor número de ciclos de cultivo y en condiciones más estresantes desde un punto de vista nutricional.

Finalmente, se debe destacar que, en estas condiciones, las diferencias entre el clon RJ-43 y los demás clones no fueron especialmente marcadas, llegando a ser uno de los clones menos productivos y más vigorosos (Fig. 2), con escasas diferencias en términos de nutrición respecto a los demás clones (Fig. 3 y Fig. 4).



4. Conclusiones

Las condiciones de ensayo, con una parcela especialmente fértil, hacen difícil evaluar las diferencias clonales en términos de capacidad de absorción de nutrientes, debido a la alta disponibilidad durante el ciclo de cultivo en el medio, capaz de suministrar los recursos que necesita el viñedo incluso en una situación marcada por niveles de producción muy por encima de lo autorizado por la DOCa Rioja. En este sentido, se requiere más años de evaluación y condiciones más estresantes para poder evaluar adecuadamente las diferencias clonales, tanto desde un punto de vista hídrico como nutricional.

Los resultados observados parecen indicar que, en las condiciones ensayadas, el clon de referencia RJ-43 no se diferencia, en general, respecto a los clones alternativos evaluados, tanto en términos de producción y biomasa renovable como en términos de absorción de nutrientes.

5. Bibliografía

1. CANCELA, J.; FANDIÑO, M.; GONZÁLEZ, X.P.; REY, B.; MIRAS-AVALOS, J.M. 2018. **Seasonal variation of macro and micronutrients in blades and petioles of *Vitis vinifera* L. cv. Mencía and Sousón.** J. Plant Nutr. Soil Sci., 181(4): 498-515.
2. GARCÍA-ESCUDERO, E.; ROMERO, I.; BENITO, A.; DOMÍNGUEZ, N.; MARTÍN, I. 2013. **Reference Levels for Leaf Nutrient Diagnosis of cv. 'Tempranillo' grapevine in the Rioja Appellation.** Commun. Soil Sci. Plant Anal., 44: 645-654.
3. ROMERO, I.; GARCÍA-ESCUDERO, E.; MARTÍN, I. 2013. **Leaf blade versus petiole analysis for nutritional diagnosis of *Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo.** Am. J. Enol. Vit., 64: 50-64.
4. RUSEANI, N.S.; VANHOVE, W.; SUSILO, A.W.; VAN DAMME, P. 2022. **Clonal differences in nitrogen use efficiency and macro-nutrient uptake in young clonal cocoa (*Theobroma cacao* L.) seedlings from Indonesia.** J. Plant Nut., 45: 3196-3211.
5. TORRES, N.; QANTOLÍN, M.C.; GARMENDIA, I.; GOICOECHEA, N. 2018. **Nutritional properties of Tempranillo grapevine leaves are affected by clonal diversity, mycorrhizal symbiosis and air temperature regime.** Plant Physiol. Biochem., 130: 542-554.

6. Agradecimientos

Trabajo financiado por los Proyectos Regionales P.R.-02-23 y P.R.-03-23, con apoyo de Fondos FEDER. Agradecimientos al personal del Laboratorio Regional de La Grajera y del Servicio de Investigación Agraria del Gobierno de La Rioja.

Estudio de la diversidad fenotípica intra-varietal en clones de 'Tempranillo Tinto' recuperados en la D.O.Ca. Rioja

Javier Portu*, Elisa Baroja, Luis Rivacoba, Juana Martínez, Sergio Ibáñez, Javier Tello
*Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (Gobierno de La Rioja, Universidad de La Rioja, CSIC), Finca La Grajera,
Ctra. De Burgos Km 6, 26007, Logroño, España. jportur@larioja.org*

Resumen

El cambio climático compromete la sostenibilidad de los sistemas vitícolas tal y como los conocemos. Esta situación es especialmente preocupante en regiones con limitaciones culturales o administrativas que limitan el uso de variedades con mejor capacidad de adaptación. En estos casos, el empleo de la diversidad intra-varietal surge como alternativa. En este trabajo, se analizó la diversidad fenotípica de 30 selecciones clonales de 'Tempranillo Tinto' originarios de viñedos antiguos de la D.O.Ca. Rioja. Durante tres años consecutivos se han descrito 27 parámetros relacionados con su comportamiento fenológico y agronómico, y su potencial enológico, hallándose una amplia diversidad fenotípica, notablemente superior a la observada en tres clones comerciales usados como referencia. El análisis estadístico univariante y multivariante de esta información permitió identificar cuatro grupos de clones con alta semejanza fenotípica, destacando un grupo con maduración significativamente tardía y con un intervalo entre las fechas de envero y vendimia significativamente más largo, atributos de interés para afrontar las nuevas condiciones climáticas. Este estudio ha demostrado el interés de los viñedos antiguos como reservorios de diversidad clonal para variedades tradicionales como 'Tempranillo Tinto'. Estudiar y explotar esta diversidad puede servir de herramienta para afrontar los desafíos presentes y futuros de la viticultura.

1. Introducción

Las condiciones actuales de cambio climático amenazan la actividad vitícola de muchas regiones donde la producción de uva y la elaboración de vino es parte inherente de su cultura y tradiciones, así como de su desarrollo económico. El aumento de las temperaturas, los cambios en el régimen de precipitaciones, y la mayor incidencia de eventos climáticos extremos, presentan un gran desafío para la viticultura de hoy en día. Entre otros efectos, esta situación causa cambios en el patrón fenológico de la vid (como el adelantamiento en las fechas de maduración, o el acortamiento del ciclo vegetativo) (Fraga et al., 2016), y desembocan en la obtención de uvas con menor acidez, mayor contenido de azúcar, y/o menor concentración de polifenoles y aromas, que generan vinos de peor calidad (Mira de Orduña, 2010). Entre las herramientas disponibles para afrontar esta situación destaca el uso de variedades, clones y portainjertos con mayor capacidad de adaptación. Sin embargo, la existencia de figuras de calidad (DOP/IGP) limita el número de variedades a cultivar (Ibáñez et al., 2015). Por ello, el estudio de la variabilidad intra-varietal y la selección de nuevos clones de vid constituye la principal medida de adaptación en numerosas regiones vitícolas tradicionales.

El nombre de la D.O.Ca. Rioja se ha forjado tras una larga historia de producción de vinos de alta calidad de variedades muy tradicionales, como 'Tempranillo Tinto'. Esta variedad es en la actualidad la variedad tinta más cultivada en La Rioja y en España, con más de 200.000 hectáreas dedicadas a su cultivo. No obstante, esta variedad presenta una serie de características



(maduración temprana y ciclo vegetativo relativamente corto) que limitan su uso bajo las condiciones de cambio climático (Cervera et al., 2002). Así, resulta esencial detectar nuevas variantes clonales con variaciones fenotípicas beneficiosas para el desarrollo de nuevos clones con mejor capacidad de adaptación.

Con el fin de preservar el patrimonio genético de las variedades tradicionales de la D.O. Ca. Rioja, el Gobierno de La Rioja llevó a cabo un intenso trabajo de prospección y recogida de material vegetal a lo largo de la D.O. Ca., estableciendo un banco de germoplasma en la Finca Institucional de La Grajera (Logroño, La Rioja). Actualmente, esta colección da cabida a 1.667 accesiones de clones de estas variedades, incluyendo 729 de 'Tempranillo Tinto'. Tras una evaluación preliminar de sus características agronómicas, se seleccionaron 30 clones de alta diversidad fenotípica, que posteriormente se multiplicaron y transfirieron a una parcela experimental para su estudio comparativo detallado (Baroja et al., 2020). Así, este trabajo presenta los resultados obtenidos del estudio de la variabilidad fenotípica de estas 30 selecciones clonales de 'Tempranillo Tinto' durante tres campañas consecutivas, para una serie de atributos relacionados con la fenología, el comportamiento agronómico y el potencial enológico. Este trabajo contribuye a incrementar el conocimiento de la diversidad intra-varietal de 'Tempranillo Tinto', y destaca algunos clones que podrían utilizarse a corto o medio plazo como herramienta de adaptación para afrontar las nuevas condiciones climáticas.

2. Material y Métodos

2.1. Material vegetal

En este trabajo se han analizado 30 variantes clonales de 'Tempranillo Tinto' prospectadas en distintos municipios adscritos a la D.O. Ca. Rioja y plantados en 2017 en una parcela experimental en la Finca Institucional de Valdegón (Agoncillo, La Rioja) sobre el portainjerto R110. Además, se incluyeron en la parcela tres clones comerciales (CL-306, RJ-43 y VN-11) como control. La parcela experimental se diseñó siguiendo un diseño de cuatro bloques al azar, en el que se plantaron 10 cepas de cada genotipo en cada bloque, y se mantiene bajo las condiciones de cultivo estándar de la región.

2.2. Caracterización fenotípica

A lo largo de tres campañas consecutivas (2020, 2021 y 2022) se estudiaron 27 atributos relacionados con el comportamiento fenológico, agronómico y potencial enológico de cada variante clonal, usando las cuatro réplicas experimentales. Así, se anotó la fecha de brotación, floración, envero y vendimia siguiendo la escala E-L modificada (Coombe, 1995). La duración total del ciclo vegetativo se estimó como el número de días transcurridos entre las fechas de brotación y vendimia. Respecto a los parámetros agronómicos, se analizaron los contenidos de nitrógeno, flavonoles y clorofila en cada clon utilizando el sensor óptico no destructivo Dualex 3 (Force-A, París, Francia). También se evaluaron características vegetativas y reproductivas como el número de brotes y racimos por planta, índice de fertilidad, rendimiento total por planta, peso medio de racimo, compacidad de racimo, y peso de 200 bayas. También se evaluó el peso de la madera de poda para calcular el peso medio por brote y el índice de Ravaz. El potencial enológico se valoró determinando el °Brix, pH, acidez total, potasio, ácido tartárico y ácido málico de mostos obtenidos en el momento óptimo de vendimia.



2.3. Análisis estadístico

Los datos experimentales se sometieron a una serie de análisis estadísticos univariantes y multivariantes mediante diversos paquetes estadísticos integrados en el programa R v.4.0. (<http://www.r-project.org/>). En primer lugar se infirieron los valores 'BLUP' para cada clon, ajustando un modelo lineal de efectos mixtos utilizando el genotipo (clon) como factor fijo y el año como covariable aleatoria. Estos valores se usaron posteriormente para analizar la relación bilateral entre los 27 caracteres analizados, calculando los coeficientes de correlación de Pearson, que se consideraron significativos cuando $p < 0,05$. Tras esto, se calcularon un análisis de componentes principales (PCA) y un análisis de agrupamiento jerárquico basado en componentes principales (HCPC) con el fin de detectar grupos de clones de alta similitud fenotípica. Por último, se valoró si los grupos detectados por estos dos análisis (PCA y HCPC) presentaban diferencias significativas para las variables que dominaban dicho agrupamiento, a través de un análisis discriminante lineal por pasos (stepwise-LDA). Esta valoración se realizó mediante un análisis de la varianza (ANOVA) seguido de una prueba post-hoc de comparación de medias (Tukey HSD). Las diferencias entre grupos se consideraron significativas cuando $p < 0,05$.

3. Resultados

Los resultados obtenidos en este trabajo demostraron la existencia de una gran diversidad fenotípica para los 27 caracteres estudiados entre las variantes clonales estudiadas. Como ejemplo, en la Figura 1 se muestran los resultados obtenidos para los caracteres relacionados con la fenología. Se observó una diferencia de 28,1 días entre los clones con el ciclo vegetativo más corto y más largo. Así, mientras que TT-0555 y TT-1041 necesitaron sólo 148,6 días después de la brotación para ser vendimiados (a principios de septiembre), TT-0858 necesitó hasta 176,7 días (finales de septiembre). Sin embargo, se observó poca variación entre clones en cuanto a la duración de los intervalos de brotación-floración y de floración-envero, con diferencias de tan solo 5,7 y 5,3 días entre los clones con mayor y menor duración, respectivamente. Así, la variación encontrada para la duración del ciclo vegetativo se debió principalmente al último período fenológico (envero-vendimia), para el que se observó una diferencia de 27,0 días entre el clon con el ciclo vegetativo más corto (TT-1041, 32,3 días) y el más largo (TT-0858, 59,3 días). En este sentido, el análisis de correlaciones efectuado también indicó una fuerte relación significativa entre la duración del ciclo vegetativo y el intervalo envero-vendimia ($r = 0,98$; $p < 0,05$), mientras que con el intervalo brotación-floración fue más débil ($r = 0,39$; $p \leq 0,05$), e incluso no significativa con el intervalo floración-envero ($p > 0,05$).

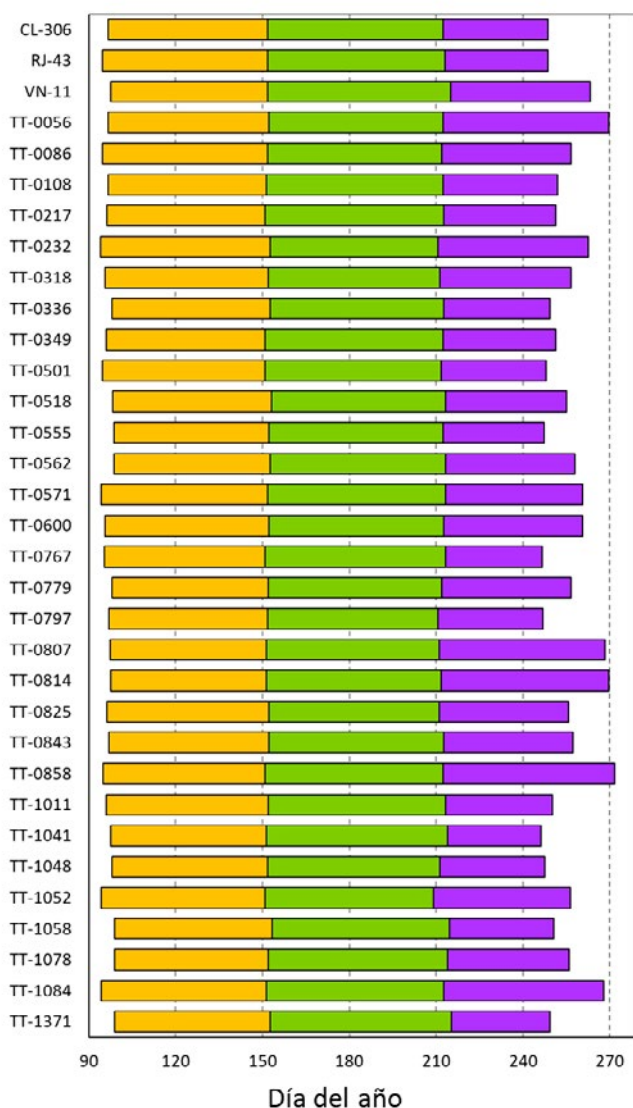


Fig. 1. Principales estados fenológicos observados para los 30 clones de ‘Tempranillo Tinto’ y los tres clones comerciales (CL-306, RJ-43 y VN-11) analizados en este estudio. Los intervalos brotación-floración, floración-envero y envero-vendimia se muestran como bloques amarillos, verdes y morados, respectivamente.

El análisis de componentes principales (PCA) condujo a un modelo de cinco componentes capaz de explicar el 73,5% de la varianza total de los datos. El primer componente representó el 28,7% de la varianza total, y se relacionó positivamente con el peso de 200 bayas, el rendimiento por planta, la compacidad del racimo y la duración de los intervalos envero-vendimia y brotación-floración, y negativamente con el contenido de ácido málico en el mosto, el contenido de clorofila en las hojas en plena floración, el peso de madera de poda, el número de brotes por planta y la duración del período floración-envero. Por su parte, el segundo componente representó el 17,6% de la varianza, y se relacionó positivamente con el pH del mosto y el contenido de potasio en el mosto, y negativamente con el contenido de ácido tartárico. Tal y como se observa en la Figura 2A, estos dos ejes no proporcionaron una agrupación clara de los 33 clones utilizados en este estudio, excepto para TT-1041 (separado en el lado negativo de PC-1), y TT-0336 y TT-0318 (diferenciados según los valores del eje positivo del PC-2). Sin embargo, el análisis de



agrupamiento jerárquico en componentes principales (HCPC) permitió identificar cuatro grupos de clones de alta similitud fenotípica (Figura 2B). Estos grupos están constituidos por un número variable de clones: los 13 clones del grupo A obtuvieron valores negativos moderados tanto en PC-1 como en PC-2; el clon del grupo B obtuvo un valor muy negativo en PC-1; los seis clones del grupo C obtuvieron valores positivos en PC-2; y los 13 del grupo D obtuvieron valores positivos en PC-1 (Figura 2A).

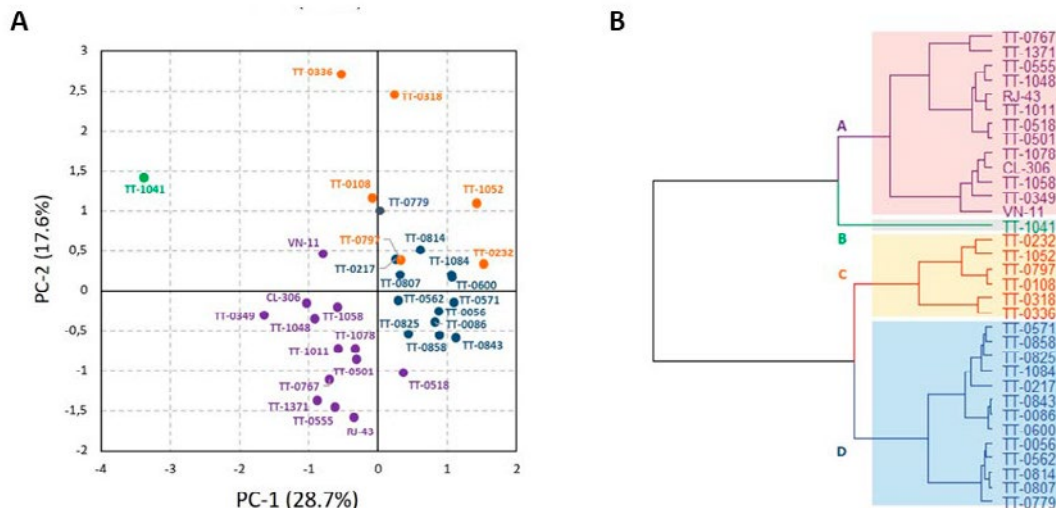


Fig. 2. Análisis de componentes principales (A) y de agrupamiento jerárquico (B) de 33 clones de 'Tempranillo Tinto' basados en 16 características fenotípicas.

Por último, el análisis discriminante lineal por pasos (stepwise-LDA) identificó cuatro características fenotípicas como las de mayor poder discriminante: el intervalo envero-vendimia, el contenido de flavonoles de las hojas en plena floración, y el contenido de ácido tartárico y de potasio en el mosto. Entre ellas, destacó el poder discriminante de la duración del intervalo envero-vendimia, capaz de clasificar por sí sola el 53.5% de los clones en el grupo asignado por el HCPC. Los resultados de los ANOVA realizados confirmaron el alto poder discriminante de estas cuatro variables, encontrando diferencias significativas entre los grupos de clones para todas ellas (Figura 3). Así, el grupo A agrupó una serie de clones de 'Tempranillo Tinto' con una duración del periodo envero-vendimia significativamente más corto, menor contenido de potasio en el mosto y de flavonoles en las hojas, y mayores niveles de ácido tartárico en el mosto. Los clones del grupo C se caracterizaron por tener una duración variable del periodo envero-vendimia, mayor contenido de potasio en mosto y de flavonoles en hojas, y menor nivel de ácido tartárico en mosto. Por último, los del grupo D se distinguieron por presentar el periodo de envero-vendimia más largo, y menores niveles de flavonoles en hojas, y de potasio y ácido tartárico en mosto.

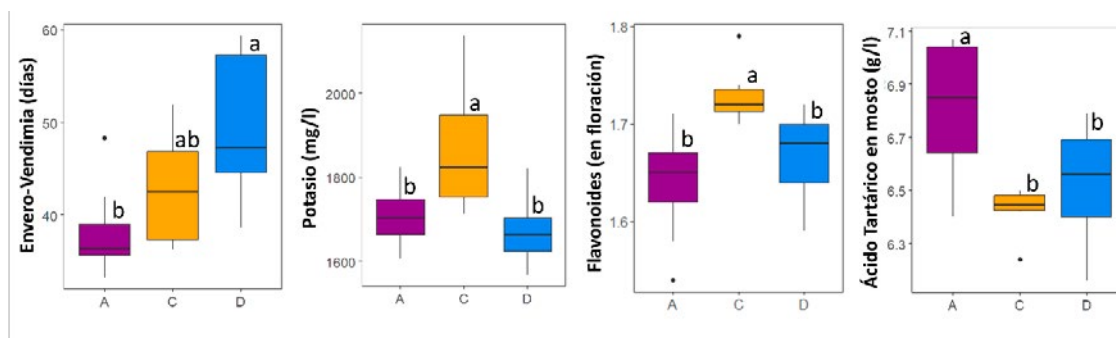


Fig. 3. Diagramas de caja que muestran la distribución de cuatro atributos en los grupos “A”, “C” y “D” de clones de 'Tempranillo Tinto' identificados por el análisis de agrupamiento jerárquico mostrado en la Figura 2. Letras diferentes indican diferencia significativa entre los grupos ($P < 0,05$). Se excluye el grupo B de los análisis al estar formado por un solo clon (TT-1041).

4. Conclusiones

Los desafíos actuales y futuros de la viticultura requieren combinar múltiples estrategias de adaptación, incluida la explotación de recursos vegetales con características beneficiosas. El aprovechamiento de la diversidad clonal surge como una interesante opción para alcanzar un nivel de producción sostenible y rentable en regiones donde existen limitaciones culturales o administrativas que limitan el reemplazo varietal. En este trabajo, el estudio comparativo de 30 clones de 'Tempranillo Tinto' inicialmente prospectados en viñedos antiguos de la D.O.Ca. Rioja ha demostrado la existencia de una elevada variación en caracteres relacionados con la fenología, el comportamiento agronómico y el potencial enológico. Resulta de especial interés el haber identificado clones de maduración significativamente más tardía y con un intervalo envero-vendimia significativamente más largo que el observado en clones comerciales. Además, algunos de estos clones presentan características adicionales beneficiosas, como una acumulación lenta de azúcares y una baja compacidad de racimo. Esta diversidad intra-varietal podría jugar un papel importante a corto o medio plazo para asegurar la adaptación a las nuevas condiciones climáticas de los sistemas vitícolas más tradicionales. En definitiva, este estudio destaca la importancia de explorar, mantener y estudiar la diversidad clonal de variedades de relevancia en regiones vitivinícolas tradicionales para contribuir a lograr una mayor sostenibilidad en el viñedo.

5. Bibliografía

1. BAROJA, E.; PORTU, J.; GARCÍA-ESCUADERO, E. 2020. **Procesos actuales de selección clonal de vid en La Rioja**. Cuaderno de Campo 63, 28–33.
2. CERVERA, M.T.; CABEZAS, J.A.; RODRÍGUEZ-TORRES, I.; CHAVEZ, J.; CABELLO, F.; MARTÍNEZ-ZAPATER, J.M. 2002. **Varietal diversity within grapevine accessions of cv. Tempranillo**. Vitis 41, 33–36.
3. COOMBE, B.G. 1995. **Growth Stages of the Grapevine: Adoption of a system for identifying grapevine growth stages**. Aust. J. Grape Wine Res. 1, 104–110.
4. FRAGA, H.; GARCÍA DE CORTÁZAR ATAURI, I.; MALHEIRO, A.C.; SANTOS, J.A. 2016. **Modelling climate change impacts on viticultural yield, phenology and stress conditions in Europe**. Glob. Change Biol. 22, 3774–3788.



36^º REUNIÓN

GRUPO DE TRABAJO
EXPERIMENTACIÓN EN
VITICULTURA Y ENOLOGÍA

 **La Rioja**

5. IBÁÑEZ, J.; CARREÑO, J.; YUSTE, J.; MARTÍNEZ-ZAPATER, J.M. 2015. **Grapevine breeding and clonal selection programmes in Spain**. In: Grapevine Breeding Programs for the Wine Industry. Elsevier Ltd. ISBN: 978-1-78242-075-0
6. MIRA DE ORDUÑA, R. 2010. **Climate change associated effects on grape and wine quality and production**. Food Res. Int. 43, 1844–1855.

6. Agradecimientos

Este trabajo fue cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), concedido a la Comunidad Autónoma de La Rioja dentro de los Programas Operativos FEDER 2014-2020 y 2021-2027 (número de proyecto: PR 04-20; PR-05-21 y PR-03-22). JT agradece el apoyo del Programa Ramón y Cajal (RYC2022-037758-I) financiado por MCIU/AEI/10.13039/501100011033 y el ESF+, así como la financiación recibida por el proyecto RISE vWISE (Vine and Wine Innovation Through Scientific Exchange) (ayuda 872394, patrocinado por el Programa Horizonte 2020 de la UE).

Los autores desean agradecer a todo el personal involucrado en la conservación, plantación, manejo y recolección de datos en el banco de germoplasma y el sitio experimental, así como a los técnicos de laboratorio involucrados en los análisis fisicoquímicos, especialmente a Elena Redondo Alberdi y a Erica Herce Pastor.





Relación entre desarrollo fenológico e integral térmica en la variedad Verdejo a lo largo de 7 campañas, en la D.O. Rueda

Jesús Yuste, Daniel Martínez-Porro

Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León
Ctra. Burgos km.119, 47071 Valladolid. 983 317460. *E-mail: yusbomje@itacyl.es

Resumen

El desarrollo fenológico del viñedo está revelándose como un factor importante para el manejo del cultivo en el actual contexto de variación climática. En este sentido, el conocimiento del comportamiento que cada variedad pueda ofrecer en función de las condiciones climáticas resulta de gran utilidad en la toma de decisiones técnicas.

En el periodo 2012-2018 se estudió el comportamiento fenológico del cv. Verdejo en función de la acumulación de calor, o sea, de la suma de temperaturas medias, teniendo en cuenta también la precipitación acumulada, observándose los estados más significativos: brotación, floración, envero y madurez. El viñedo, ubicado en la D.O. Rueda, fue conducido en espaldera con poda en cordón Royat bilateral, estableciéndose 4 bloques al azar para las observaciones fenotípicas, con parcelas elementales de 60 cepas.

Los estados fenológicos principales fueron alcanzados de forma cronológicamente variable durante las 7 campañas de estudio, en función de la acumulación de temperatura, mayormente, con escasa variación relacionada con la precipitación recogida hasta la fecha de cada estado fenológico. Los resultados observados aportan información cuantitativa y objetiva de la exigencia térmica y del comportamiento fenológico de la variedad Verdejo que pueden facilitar la planificación de operaciones de manejo del viñedo.

1. Introducción

El conocimiento del desarrollo cronológico de la fenología del viñedo es importante para entender la adaptabilidad de las variedades a las zonas climáticas, con mayor relevancia en el actual contexto de variación climática, pues puede permitir a los productores entender y manejar mejor las prácticas que pueden ser aplicadas durante el ciclo vegetativo del viñedo (Jones 2013).

Cada estado fenológico principal, identificados en la escala de Baggiolini (1952) como brotación, floración, envero y madurez (entendida ésta como el estado de la baya en que la ratio azúcar/acidez y la conjunción sabor-aroma son optimizados para una variedad y un estilo de vino determinados), es alcanzado dependiendo de la influencia climática, considerándose evidente el efecto de la temperatura media diaria, aunque otros parámetros, como la insolación, la humedad, etc., también pueden afectar al desarrollo fenológico.

Diversos autores han propuesto índices climáticos que puedan servir para la estimación de la evolución fenológica (Jones 2013), destacando el propuesto por Winkler (Amerine y Winkler 1944), que se basa en la contabilización de las temperaturas diarias superiores a 10 °C (grados-día eficaces del ciclo) desde abril a octubre (en el hemisferio norte). Sin embargo, algunos autores han podido observar que dicho índice, utilizado para caracterizar el potencial de cultivo de las variedades en las zonas según su clima, no se ha mostrado muy preciso, como por ejemplo Jiménez y Ruiz (1995), quienes observaron que la brotación y la floración fueron bastante constantes entre variedades mientras que el envero y la madurez fueron mucho menos



predecibles, a la par que vieron que la acumulación de temperatura por encima de 0 °C o el número de días entre eventos fenológicos fueron mejores predictores de la fenología que la suma de grados-día correspondiente al índice propuesto por A.J. Winkler.

Las proyecciones de cambio climático y sus posibles efectos en el desarrollo del viñedo han reforzado el interés por el uso de la fenología para modelizar los impactos (Jones et al. 2005), pero la diversidad de resultados obtenidos por diversos autores sobre la predicción de evolución de los estados fenológicos conlleva la conveniencia de contrastar el comportamiento de cada variedad en cada zona de cultivo, tratando de cuantificar de forma objetiva dicho comportamiento, partiendo del parámetro climático considerado más elemental, o sea la acumulación de temperatura o integral térmica.

El planteamiento de este trabajo está orientado a cuantificar objetivamente la evolución fenológica de la variedad Verdejo en su ámbito geográfico más tradicional, la D.O. Rueda, en relación con la variación climática a lo largo de un periodo de 7 años.

2. Material y Métodos

El trabajo se llevó a cabo durante el periodo 2012-2018 en Medina del Campo (Valladolid), en un viñedo perteneciente a las bodegas del Grupo Yllera S.L., dentro de la D.O. Rueda. El material empleado es *Vitis vinifera* L, cv. Verdejo, sobre portainjerto 110 Richter, plantado en 2006, con un marco de 2,60 m x 1,25 m (3.077 cepas /ha). La orientación de filas es NNO (N-25°). El sistema de conducción es espaldera vertical, mediante poda en cordón Royat bilateral con 4 pulgares de 2 yemas en cada brazo (16 yemas por cepa). El suelo del ensayo es profundo, de textura arcillosa en su parte superior (> 60 cm), y presenta una suave pendiente en dirección Este-Oeste y un buen drenaje en general.

Se establecieron 4 bloques al azar en el viñedo experimental, con parcelas elementales de 60 cepas de control, para realizar observaciones visuales, con periodicidad semanal, de la evolución fenológica, con el fin de determinar la fecha de alcance de los estados principales: brotación, floración, envero y madurez. La determinación de fecha de cada estado fenológico se fijó cuando el 50% de las yemas, o posteriormente brotes, alcanzó dicho estado en cada bloque.

Se llevó a cabo el registro de temperatura media diaria desde el 1 de enero de cada año hasta la fecha de alcance de cada estado fenológico, a partir de los datos de la Estación meteorológica de Medina del Campo, próxima al viñedo, y se calculó el sumatorio de acumulación de temperatura (°C) o grados-día, para establecer la relación entre fenología e integral térmica. Asimismo, se realizó el registro de precipitación acumulada desde el 1 de noviembre del año anterior hasta la fecha de alcance de cada estado fenológico, para observar la posible relación de la evolución fenológica con dicha precipitación.



Tabla 1. Fecha, número de días, temperatura media (T^a, °C) y precipitación (P, mm) acumulados en cada estado fenológico cada año.

Año	Brotación	días	T ^a	P	Floración	días	T ^a	P	Envero	días	T ^a	P	Vendimia	días	T ^a	P
2012	21/04/12	112	579	63	17/06/12	169	1461	118	21/08/12	234	2883	126	24/09/12	268	3547	127
2013	16/04/13	106	612	311	03/07/13	185	1687	360	26/08/13	239	2912	376	10/10/13	284	3694	440
2014	06/04/14	96	665	244	08/06/14	160	1584	268	13/08/14	226	2937	286	15/09/14	259	3623	312
2015	14/04/15	104	579	132	08/06/15	159	1457	172	14/08/15	226	2971	223	17/09/15	260	3639	240
2016	05/04/16	96	592	238	08/06/16	160	1398	317	23/08/16	236	3087	318	02/10/16	276	3877	318
2017	18/03/17	77	472	90	21/05/17	141	1299	130	04/08/17	216	2972	165	30/08/17	242	3540	171
2018	20/04/18	110	633	230	17/06/18	168	1475	281	25/08/18	237	3021	304	26/09/18	269	3693	305
Media	8-abr.	100	590	187	10-jun.	163	1480	235	17-ago.	231	2969	257	20-sep.	265	3659	273

3. Resultados

Evolución fenológica. Las cepas alcanzaron los estados fenológicos estudiados con diferente grado de variabilidad interanual en cuanto a días transcurridos del año y en cuanto a integral térmica acumulada, que se puede resumir de la siguiente manera (tabla 1, fig. 1):

Brotación: 35 días de diferencia (entre 2012 y 2017) -resultando la fecha media el 8 de abril-, que se reducen a 16 días (entre 2012 y 2014 ó 2016) si se excluye 2017, el año claramente más extremo del periodo. En cuanto a calor acumulado, la brotación mostró una variación de 193 °C (entre 2014 y 2017) -resultando una integral media de 590 °C-, que se reduce a 86 °C (entre 2014 y 2012 ó 2015) si se excluye 2017.

Floración: 44 días de diferencia (entre 2013 y 2017) -resultando la fecha media el 10 de junio-, que se reducen a 26 días (entre 2013 y 2015) si se excluye 2017. En cuanto a calor acumulado, la floración mostró una variación de 388 °C (entre 2013 y 2017) -resultando una integral media de 1.480 °C-, que se reduce a 289 °C (entre 2013 y 2016) si se excluye 2017.

Envero: 23 días de diferencia (entre 2013 y 2017) -resultando la fecha media el 17 de agosto-, que se reducen a 13 días (entre 2013 y 2014 ó 2015) si se excluye 2017. En cuanto a calor acumulado, el envero mostró una variación de 204 °C (entre 2016 y 2012) -resultando una integral media de 2.969 °C-, que se reduce a 138 °C (entre 2018 y 2012) si se excluye 2016.

Madurez: 42 días de diferencia (entre 2013 y 2017) -resultando la fecha media el 20 de septiembre-, que se reducen a 25 días (entre 2013 y 2014) si se excluye 2017. En cuanto a calor acumulado, la madurez mostró una variación de 337 °C (entre 2016 y 2017) -resultando una integral media de 3.659 °C-, que se reduce a 154 °C (entre 2013 y 2017) si se excluye 2016.

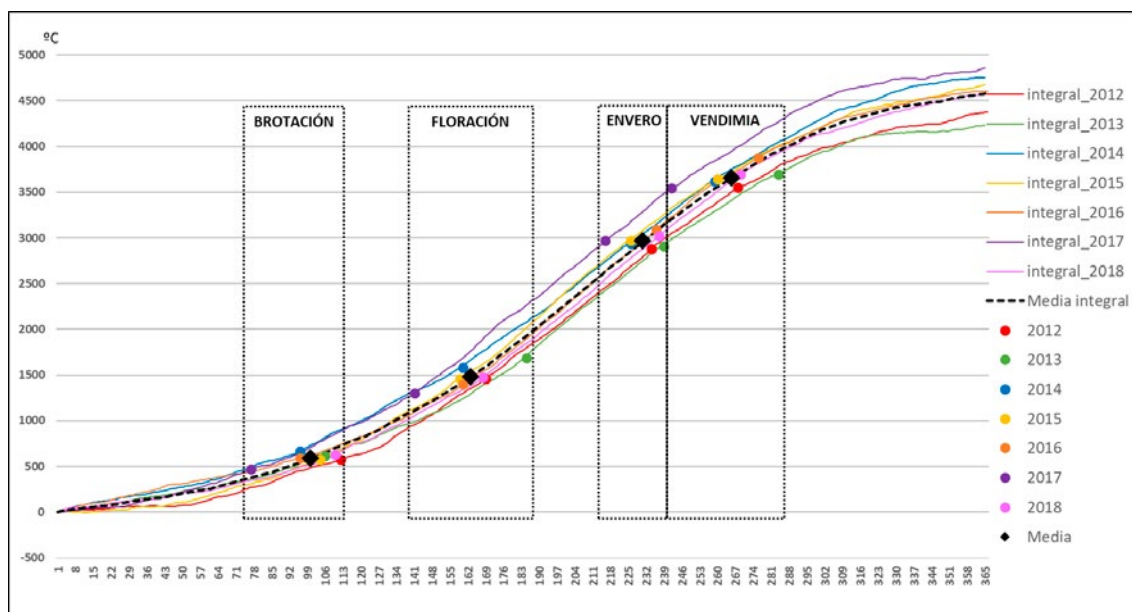


Fig. 1. Evolución fenológica e integral térmica a lo largo del año (días) en las campañas 2012 a 2018.

Integral térmica. Los valores de los días transcurridos del año hasta cada estado fenológico mostraron un buen coeficiente de regresión con respecto a la temperatura media diaria acumulada (fig. 2), interpretada como integral térmica necesaria para llegar a los diversos estados fenológicos, en el conjunto de los años de estudio, como cabía esperar. La ecuación de regresión observada en conjunto, $Y = 0,0525 X + 75,608$ ($R^2 = 0,97$), permitiría predecir la evolución fenológica del viñedo en función de la acumulación de grados-día a lo largo del año, pudiendo así estimar la fecha de ocurrencia de los distintos estados fenológicos y facilitar la previsión de posibles tratamientos y ejecución de operaciones en verde en el viñedo.

A partir de la regresión obtenida en función de la integral térmica interanual, mediante un procedimiento simple, se puede calcular la fecha estimada para alcanzar los estados fenológicos principales, de la siguiente manera...

Brotación: integral media necesaria de 590 °C, que en el periodo estudiado se alcanzó el 8 de abril, con una variación general de 86 °C, la cual repercutió en un margen de variación de 16 días.

Floración: integral media necesaria de 1.480 °C (890 °C desde brotación), que en el periodo estudiado se alcanzó el 10 de junio, con una variación general de 289 °C, la cual repercutió en un margen de variación de 26 días.

Envero: integral media necesaria de 2.969 °C (1.469 °C desde floración), que en el periodo estudiado se alcanzó el 17 de agosto, con una variación general de 138 °C, la cual repercutió en un margen de variación de 13 días.

Madurez: integral media necesaria de 3.659 °C (690 °C desde envero), que en el periodo estudiado se alcanzó el 20 de septiembre, con una variación general de 154 °C, la cual repercutió en un margen de variación de 25 días.



La duración media del ciclo vegetativo (brotación a madurez) fue de 165 días (8 de abril a 20 de septiembre), mientras que la integral térmica media de dicho periodo fue de 3.069 °C.

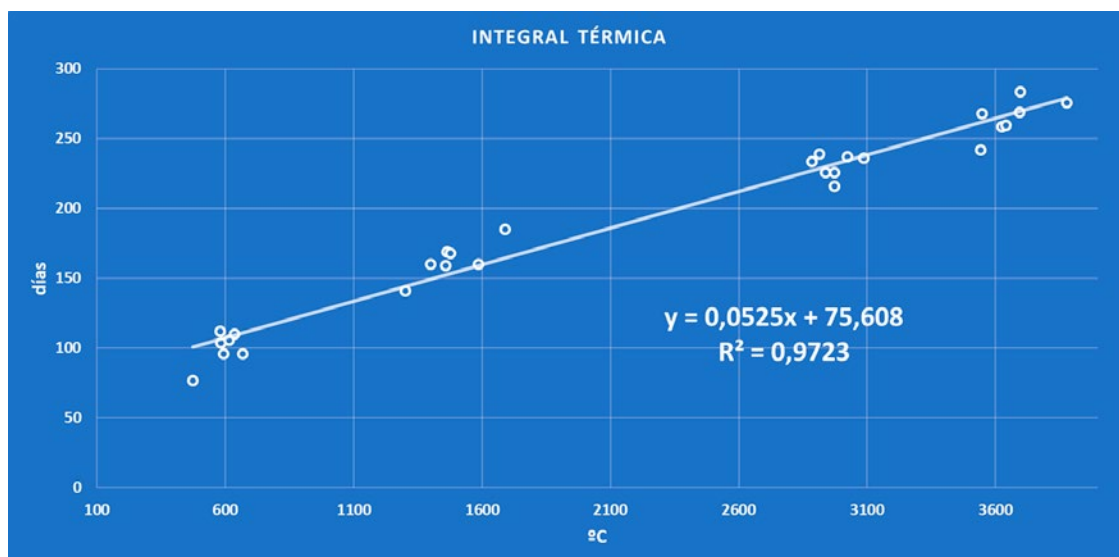


Fig. 2. Regresión lineal entre fecha de estados fenológicos e integral térmica en el periodo 2012-2018.

Evolución fenológica y precipitación acumulada. Los valores de precipitación acumulada y de temperatura media acumulada a lo largo de cada periodo no han mostrado una relación estrecha entre la integral térmica necesaria para alcanzar cada estado fenológico y la precipitación acumulada en el lugar hasta la fecha de consecución de dicho estado, con una mayor variación, y por tanto debilidad de relación, en el estado fenológico de envero que en los otros tres estados fenológicos principales (fig. 3). Esta escasa relación entre ambos parámetros sugiere, teniendo en cuenta los resultados observados en cuanto a la evolución de la integral térmica anual, que la incidencia de la temperatura es dominante en el desarrollo fenológico del viñedo.

No obstante, se observa una tendencia, en los estados de brotación, floración y madurez, que indica que los estados fenológicos son alcanzados con relación positiva creciente entre la integral térmica y la acumulación de precipitaciones, que recogida en forma lineal muestra rectas de regresión ligeramente crecientes, aunque con valores R^2 por debajo de 0,50. Dicha tendencia de relación creciente entre precipitación e integral térmica supone que los estados fenológicos son alcanzados con mayor acumulación de calor ambiental cuando la precipitación acumulada es mayor, o dicho de otro modo, el requerimiento térmico para alcanzar un estado fenológico es menos exigente si la precipitación acumulada es más baja.

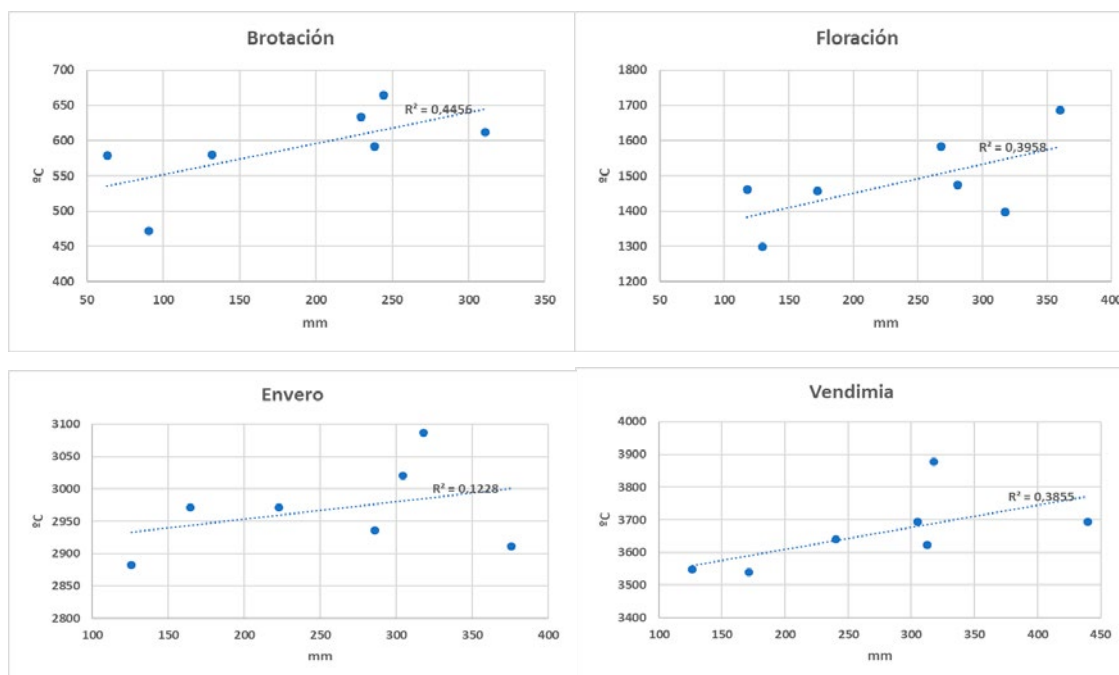


Fig. 3. Regresión lineal entre integral térmica (°C) y precipitación acumulada (mm) en la fecha de cada estado fenológico (Sup. izq: brotación, Sup. dcha: floración, Inf. izq.: Envero, Inf. dcha.: madurez) en el periodo 2012-2018.

4. Conclusiones

Las cepas alcanzaron los estados fenológicos principales con moderada variabilidad interanual en cuanto a integral térmica acumulada y, lógicamente, en cuanto a días transcurridos del año, destacando la mayor anomalía por defecto de la campaña 2017, que resultó alarmantemente temprana a lo largo de toda la evolución fenológica del viñedo. La variación fenológica interanual puede estar afectada por otros parámetros, además de la temperatura, como la insolación, la humedad, etc., y el nivel de reservas del viñedo de la campaña anterior.

El número de días del año transcurridos mostró un buen coeficiente de regresión con respecto a la integral térmica necesaria para llegar a los diversos estados fenológicos, como cabía esperar. La ecuación de regresión observada en conjunto, $Y = 0,0525 X + 75,608$, permitiría predecir la evolución fenológica del viñedo en función de la acumulación de grados-día a lo largo del año.

La brotación exigió una integral térmica media necesaria de 590 °C, que en el cómputo global se alcanzó el 8 de abril, con una variación general de 86 °C y un margen de variación de 16 días. La floración exigió una integral media de 1.480 °C, que en el periodo global se alcanzó el 10 de junio, con una variación general de 289 °C y un margen de variación de 26 días. El envero exigió una integral media de 2.969 °C, que en el periodo global se alcanzó el 17 de agosto, con una variación general de 138 °C y un margen de variación de 13 días. La madurez exigió una integral media necesaria de 3.659 °C, que en el periodo global se alcanzó el 20 de septiembre, con una variación general de 154 °C y un margen de variación de 25 días. La duración media del ciclo vegetativo fue de 165 días y su integral térmica media fue de 3.069 °C.

La precipitación y la integral térmica acumuladas a lo largo de cada periodo no han mostrado una relación estrecha para alcanzar cada estado fenológico, aunque se observa una



tendencia a que los estados fenológicos sean alcanzados con relación positiva creciente entre la integral térmica y la acumulación de precipitaciones, de manera que el requerimiento de acumulación de calor ambiental para alcanzar un estado fenológico es menos exigente si la precipitación acumulada es más baja.

En definitiva, a partir de los resultados observados se puede deducir que el registro de temperatura y el seguimiento de la integral térmica acumulada permiten estimar la fecha de ocurrencia de los distintos estados fenológicos de la variedad Verdejo y, así, facilitar la previsión de operaciones a ejecutar en el viñedo durante el ciclo vegetativo.

5. Bibliografía

1. AMERINE, M.A.; WINKLER, A.J. 1944. **Composition and quality of musts and wines of California grapes**. Hilgardia 15: 493-675
2. BAGGIOLINI, M. 1952. **Les estades repères dans le développement annuel de la vigne et leur utilisation pratique**. Revue Romande d'Agriculture, de Viticulture et d'Arboriculture 8: 4-6
3. JIMENEZ, J.; RUIZ, V. 1995. **Phenological development of *Vitis vinifera* L. in Castilla-La Mancha (Spain), study of 21 cultivars (10 red and 11 white cultivars)**. Acta Hort. 388: 105-110
4. JONES, G.V. 2013. **Winegrape fenology**. In: Phenology: an integrative environmental science. Ed. (M.D. Schwartz) Springer. p.: 563-584
5. JONES, G.V.; DUCHÊNE, E.; TOMASI, E.; YUSTE, J.; BRASLAVKSA, O.; SCHULTZ, H.; MARTINEZ, C.; BOSO, S.; LANGELLIER, F.; PERRUCHOT, C.; GUIMBERTAU, G. 2005. **Changes in European winegrape fenology and relationships with climate**. Proceedings of XIV GESCO, Giesenheim (Germany), 23-27 august

6. Agradecimientos

La elaboración de este trabajo ha sido posible con el apoyo del proyecto RTA2014-00049-C05-01 y fondos FEDER de la Junta de Castilla y León, con la colaboración de la bodega del Grupo Yllera en la D.O. Rueda y de compañeros del ITACYL.

Potencial hídrico temprano (7 hs) y actividad fisiológica (9 hs) generados por la recarga hídrica antes de brotación y/o el riego deficitario durante el verano en Tempranillo en la D.O. Ribera del Duero

Jesús Yuste, Daniel Martínez-Porro

Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León
Ctra. Burgos km.119, 47071 Valladolid. 983 317460. *E-mail: yusbomje@itacyl.es

Resumen

Las relaciones hídricas del viñedo están revelándose como un factor determinante para el manejo del cultivo en el actual contexto de variación climática. Resulta muy conveniente conocer el efecto que la gestión hídrica, antes y durante el ciclo vegetativo, ejerce sobre las relaciones hídricas y fisiológicas del viñedo para facilitar la toma de decisiones de cultivo.

Se plantea un trabajo sobre la respuesta del potencial hídrico foliar y la actividad fisiológica del cv. Tempranillo, injertado sobre 110R, durante el periodo 2021-2023, a la recarga hídrica del suelo antes de brotación y al riego deficitario (30% ETo) durante el verano, con tres tratamientos: recarga y no riego, recarga y riego, no recarga y riego. En el viñedo, ubicado en la D.O. Ribera del Duero y conducido en espaldera, se establecieron 4 bloques al azar, con parcelas elementales de 48 cepas.

Los resultados observados muestran una repercusión clara de la aplicación del riego deficitario en verano, con escasa influencia de la recarga hídrica del perfil del suelo antes de la brotación, tanto en el estado hídrico como en los parámetros de intercambio gaseoso (conductancia, transpiración, fotosíntesis) de la planta. Esta valoración requiere de la profundización del estudio en distintos tipos de suelo y del seguimiento climático en cada zona.

1. Introducción

En muchas zonas de España, la lluvia recogida durante el reposo invernal generalmente no suele ser suficiente para cubrir las necesidades hídricas de la vid durante todo el ciclo vegetativo, desde la brotación hasta la madurez, por lo que gran parte de los viñedos cultivados en condiciones de clima mediterráneo debe ser regada para lograr un rendimiento y una calidad de uva adecuados. Aunque en la fase inicial de crecimiento de los pámpanos la exigencia hídrica no es elevada para el desarrollo de la planta, a medida que la estación avanza el déficit hídrico en la cepa se incrementa progresivamente hasta la vendimia, por lo que el riego suele iniciarse cuando el viñedo ha desarrollado la mayor parte de su superficie foliar (Yuste et al. 2024).

La variabilidad interanual del nivel de precipitaciones conlleva en muchos casos la necesidad de iniciar la aplicación de riego en fases del crecimiento tempranas, dependiendo del nivel de estrés hídrico que puedan estar sufriendo las cepas (Santesteban et al. 2019), para evitar que la reducción de la actividad fisiológica produzca una disminución notable de producción, mayormente, y una pérdida de calidad de la uva (Vilanova et al. 2019). La disparidad de criterios en cuanto a la época de aplicación de riego del viñedo sigue existiendo en España, incluyendo aquellos que argumentan que la lluvia abundante de invierno es suficiente para toda la campaña de cultivo del viñedo. Lógicamente, la capacidad de mantenimiento de disponibilidad hídrica en suelo para las cepas depende no sólo de las precipitaciones previas sino también del tipo de suelo y de la lluvia que sea recogida durante el ciclo vegetativo del viñedo (Ramos y Yuste 2023), por lo que la aplicación alternativa o simultánea de riego en prebrotación y/o



durante el verano merece ser estudiada, dada la escasez de referencias relativas a la época y la frecuencia de riego en el viñedo (Montoro et al. 2016).

Las relaciones hídricas del viñedo están revelándose como factores determinantes para el manejo del cultivo en el actual contexto de variación climática, por lo que el conocimiento del efecto que la gestión hídrica, antes y durante el ciclo vegetativo, ejerce sobre las relaciones hídricas y fisiológicas del viñedo es importante para facilitar la toma de decisiones de cultivo (Uriarte et al. 2023). Por este motivo, el planteamiento de este trabajo está orientado a cuantificar objetivamente los efectos que la aplicación alternativa o simultánea de riego en prebrotación y/o durante el verano puede tener en la variedad Tempranillo en la D.O. Ribera del Duero.

2. Material y Métodos

El trabajo se llevó a cabo durante el periodo 2021-2023 en Pesquera de Duero (Valladolid), en un viñedo perteneciente a las bodegas De los Ríos Prieto, dentro de la D.O. Ribera del Duero. El material empleado es *Vitis vinifera* L, cv. Tempranillo, sobre portainjerto 110 Richter, plantado en 2006, con un marco de 3,00 m x 1,20 m (2.778 cepas /ha). La orientación de filas es N-S. El sistema de conducción es espaldera vertical, mediante poda en cordón Royat bilateral con 3 pulgares de 2 yemas en cada brazo (12 yemas por cepa). El suelo del ensayo es de textura franco-arenosa, profundo y sin apenas pendiente, con la parte inferior (a partir de 50 cm aprox.) de tipo grava, con bastantes más elementos gruesos que la parte superior, presentando una capacidad de campo estimada en 130 mm/m y buen drenaje en general.

Los tratamientos experimentales aplicados consistieron en lo siguiente:

T0P: recarga hídrica del suelo antes de brotación, mediante goteo, aplicado hasta saturación de la capacidad de campo, sin aplicación de riego posterior durante el ciclo vegetativo.

T7P: recarga hídrica del suelo antes de brotación, mediante goteo, aplicado hasta saturación de la capacidad de campo, con aplicación de riego deficitario (30% ETo) semanal durante el verano.

T07: sin recarga hídrica del suelo antes de brotación, pero con aplicación de riego deficitario (30% ETo) semanal durante el verano (desde el estado de tamaño guisante de la uva).

La cantidad de agua aportada y las fechas de su aplicación se indican en la tabla 2.

Se establecieron 4 bloques al azar en el viñedo, con parcelas elementales de 48 cepas (4 filas de 12 cepas), de entre las cuales se tomaron 2 para la medida individualizada en cada fecha. Para el control del estado hídrico de la cepa, se llevó a cabo la medida de potencial hídrico foliar a las 7 hs, en 2 hojas del lado oeste de la espaldera, completamente sombreado, mediante cámara de presión de tipo Scholander. Para el control del intercambio gaseoso, se llevó a cabo la medida de fotosíntesis, conductancia estomática y transpiración a las 9 hs, en 2 hojas del lado este de la espaldera, completamente soleadas, con un IRGA Li-6400.

Los datos de temperatura y precipitación mensuales se indican en la tabla 1.



Tabla 1. Temperatura media (°C) y precipitación (mm) en el periodo 2021-2023 registrados en Valbuena de Duero (Valladolid).

		Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	anual
Tm	2021	10,7	8,7	5,1	2,4	7,9	8,3	10,3	14,2	18,5	21,2	21,9	17,2	12,2
	2022	12,5	5,1	6,1	2,8	5,5	8,0	9,5	17,1	20,6	24,8	23,5	17,2	12,7
	2023	15,3	8,6	7,5	3,6	3,9	9,5	12,9	14,7	19,6	22,6	22,9	17,6	13,2
P	2021	79	13	54	33	68	5	46	36	40	0	1	33	408
	2022	36	61	36	12	8	69	37	4	11	8	33	8	323
	2023	67	67	107	37	12	15	9	22	47	1	1	83	467

Tabla 2. Cantidad de agua (mm) y fechas de aplicación en cada tratamiento en el periodo 2021-2023.

		2021			2022			2023		
		T0P	T7P	T07	T0P	T7P	T07	T0P	T7P	T07
RIEGO	Recarga	110	110	-	132	132	-	136	136	-
	Estival		126	126		147	147		133	133
FECHA	Recarga	29-31-mar.	29-31-mar.	-	18-20-abr.	18-20-abr.	-	10-12-abr.	10-12-abr.	-
	Inicio estival	-	6-jul.	6-jul.	-	28-jun.	28-jun.	-	27-jun.	27-jun.
	Fin estival	-	24-sep.	24-sep.	-	27-sep.	27-sep.	-	19-sep.	19-sep.

3. Resultados

Potencial hídrico foliar temprano medido antes del riego. Las cepas mostraron generalmente diferencias significativas en las medidas efectuadas en lunes -día anterior al riego semanal-, a partir del inicio del riego estival de los tratamientos T7P y T07, que fueron generalmente favorables a los dos tratamientos citados frente al tratamiento T0P, que no recibió aportación de riego después de la recarga hídrica efectuada en prebrotación (tabla 3).

En el primer año (2021), dichas diferencias aparecieron de forma clara y constante desde las primeras medidas, en la primera quincena de julio. En el segundo año (2022), las diferencias entre tratamientos también aparecieron desde la primera quincena de julio, mostrando el tratamiento T7P valores significativamente menos negativos que el T0P en la mayoría de los casos, mientras que el T07, solamente regado durante el verano, no mostró valores significativamente diferentes de T7P ni de T0P en muchos casos, salvo en septiembre, en que T7P y T07 se igualaron, en detrimento de T0P. En el tercer año (2023), las diferencias observadas, en todo caso desfavorables a T0P con respecto a T7P y a T07, sólo resultaron estadísticamente significativas en mitad del verano, entre la segunda quincena de julio y la primera de agosto.

Tabla 3. Potencial hídrico foliar (MPa) a la sombra (7 hs) medido en **lunes** en 2021, 2022 y 2023.

2021-LUNES	12-jul.	19-jul.	26-jul.	2-ago.	9-ago.	23-ago.	30-ago.	6-sep.	13-sep.	20-sep.	27-sep.
T0P	-0,62 <i>b</i>	-0,40 <i>b</i>	-0,42 <i>b</i>	-0,52 <i>b</i>	-0,59 <i>b</i>	-0,49	-0,70 <i>b</i>	-0,54 <i>b</i>	-0,63 <i>b</i>	-0,60 <i>b</i>	-0,27 <i>b</i>
T7P	-0,51 <i>a</i>	-0,36 <i>a</i>	-0,31 <i>a</i>	-0,37 <i>a</i>	-0,39 <i>a</i>	-0,42	-0,53 <i>a</i>	-0,41 <i>a</i>	-0,51 <i>a</i>	-0,43 <i>a</i>	-0,13 <i>a</i>
T07	-0,52 <i>a</i>	-0,34 <i>a</i>	-0,26 <i>a</i>	-0,35 <i>a</i>	-0,36 <i>a</i>	-0,39	-0,46 <i>a</i>	-0,38 <i>a</i>	-0,48 <i>a</i>	-0,41 <i>a</i>	-0,11 <i>a</i>
P-valor	0,018	0,037	0,001	0,002	0,005	0,083	0,001	0,003	0,004	0,000	0,000
Sig. P<0,05	*	*	*	*	*	-	*	*	*	*	*

2022-LUNES	27-jun.	4-jul.	11-jul.	18-jul.	25-jul.	8-ago.	22-ago.	29-ago.	19-sep.	26-sep.
T0P	-0,37	-0,48	-0,84 <i>b</i>	-1,12 <i>b</i>	-1,09 <i>b</i>	-1,30 <i>b</i>	-1,16	-1,18 <i>b</i>	-1,18 <i>b</i>	-1,01
T7P	-0,35	-0,39	-0,65 <i>a</i>	-0,86 <i>a</i>	-0,88 <i>a</i>	-1,08 <i>a</i>	-0,99	-0,97 <i>a</i>	-0,71 <i>a</i>	-0,81
T07	-0,37	-0,43	-0,76 <i>ab</i>	-1,07 <i>b</i>	-1,01 <i>b</i>	-1,22 <i>b</i>	-1,09	-1,07 <i>ab</i>	-0,74 <i>a</i>	-0,86
P-valor	0,822	0,255	0,039	0,019	0,004	0,004	0,254	0,015	0,001	0,126
Sig. P<0,05	-	-	*	*	*	*	-	*	*	-



2023-LUNES	3-jul.	10-jul.	17-jul.	31-jul.	7-ago.	21-ago.	28-ago.
TOP	-0,38	-0,50	-0,89	-1,21 <i>b</i>	-1,09 <i>b</i>	-1,13	-0,88
T7P	-0,31	-0,41	-0,76	-0,94 <i>a</i>	-0,90 <i>a</i>	-1,01	-0,79
T07	-0,30	-0,42	-0,78	-0,90 <i>a</i>	-0,92 <i>a</i>	-1,06	-0,76
P-valor	0,065	0,091	0,051	0,043	0,036	0,434	0,525
Sig. P<0,05	-	-	-	*	*	-	-

Potencial hídrico foliar temprano medido después del riego. De forma análoga a la observada en el seguimiento de los lunes, las cepas mostraron en la mayoría de los días de medida efectuada en jueves -dos días después del riego semanal- diferencias estadísticamente significativas de los tratamientos T7P y T07 con respecto al tratamiento TOP, claramente más desfavorecido por no haber recibido aportación de riego durante el verano, sino únicamente la recarga hídrica completa en prebrotación (tabla 4).

En el primer año (2021), dichas diferencias aparecieron de forma significativa y constante desde las primeras medidas, en la primera quincena de julio. En el segundo año (2022), el tratamiento T7P, beneficiado por la recarga hídrica que había recibido en prebrotación, mantuvo diferencias favorables con respecto a T07 hasta la segunda quincena de julio. A partir de dicho momento ambos tratamientos se aproximaron entre sí y se distanciaron claramente con respecto a TOP, cuyo estado hídrico se vio agravado progresivamente con el avance del ciclo. En el tercer año (2023), la tendencia fue similar a la del primer año, sin apenas diferencias entre T7P y T07, pero mostrando una situación desfavorable a TOP, aunque las diferencias favorables a T7P y T07 no resultaron estadísticamente significativas en la primera quincena de julio.

Tabla 4. Potencial hídrico foliar (MPa) a la sombra (7 hs) medido en **jueves** en el periodo 2021-2023.

2021-JUEVES	15-jul.	22-jul.	29-jul.	5-ago.	12-ago.	26-ago.	16-sep.	23-sep.	30-sep.
TOP	-0,45 <i>b</i>	-0,47 <i>b</i>	-0,45 <i>b</i>	-0,58 <i>b</i>	-0,65 <i>b</i>	-0,55 <i>b</i>	-0,41 <i>b</i>	-0,73 <i>b</i>	-0,29 <i>b</i>
T7P	-0,38 <i>a</i>	-0,39 <i>a</i>	-0,33 <i>a</i>	-0,36 <i>a</i>	-0,33 <i>a</i>	-0,35 <i>a</i>	-0,27 <i>a</i>	-0,40 <i>a</i>	-0,15 <i>a</i>
T07	-0,36 <i>a</i>	-0,41 <i>a</i>	-0,29 <i>a</i>	-0,32 <i>a</i>	-0,29 <i>a</i>	-0,36 <i>a</i>	-0,27 <i>a</i>	-0,37 <i>a</i>	-0,13 <i>a</i>
P-valor	0,017	0,005	0,001	0,005	0,000	0,000	0,025	0,000	0,000
Sig. P<0,05	*	*	*	*	*	*	*	*	*

2022-JUEVES	30-jun.	7-jul.	14-jul.	21-jul.	18-ago.	25-ago.	1-sep.
TOP	-0,36	-0,64 <i>b</i>	-0,85 <i>c</i>	-0,99 <i>b</i>	-0,65 <i>b</i>	-1,29 <i>b</i>	-1,16 <i>b</i>
T7P	-0,29	-0,38 <i>a</i>	-0,47 <i>a</i>	-0,49 <i>a</i>	-0,41 <i>a</i>	-0,61 <i>a</i>	-0,54 <i>a</i>
T07	-0,30	-0,49 <i>ab</i>	-0,58 <i>b</i>	-0,53 <i>a</i>	-0,38 <i>a</i>	-0,68 <i>a</i>	-0,59 <i>a</i>
P-valor	0,151	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sig. P<0,05	-	*	*	*	*	*	*

2023-JUEVES	7-jul.	13-jul.	3-ago.	17-ago.	24-ago.	31-ago.	14-sep.
TOP	-0,46	-0,61	-0,89 <i>b</i>	-0,91 <i>b</i>	-1,19 <i>b</i>	-0,76 <i>b</i>	-0,34 <i>b</i>
T7P	-0,37	-0,48	-0,48 <i>a</i>	-0,43 <i>a</i>	-0,55 <i>a</i>	-0,37 <i>a</i>	-0,17 <i>a</i>
T07	-0,34	-0,48	-0,51 <i>a</i>	-0,46 <i>a</i>	-0,57 <i>a</i>	-0,34 <i>a</i>	-0,11 <i>a</i>
P-valor	0,053	0,092	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sig. P<0,05	-	-	*	*	*	*	*

Intercambio gaseoso medido antes del riego. Los valores de fotosíntesis, conductancia estomática y transpiración en hojas expuestas al sol (a las 9 hs) mostraron generalmente diferencias significativas en las medidas efectuadas en lunes -día anterior al riego semanal-, a lo largo del periodo de riego estival, de los tratamientos T7P y T07 frente al tratamiento TOP,



claramente desfavorecido al no haber recibido aportación de riego después de la recarga hídrica que le fue aplicada en prebrotación (tabla 5).

En el primer año (2021), las diferencias desfavorables a TOP se observaron de forma clara y constante desde la segunda medida, ya en agosto, sin apenas diferenciarse T07 de T7P. En el segundo año (2022), la tendencia fue similar al primero, pero con valores ligeramente más altos en T7P que en T07, en la mayoría de las medidas hasta mediados de agosto, siendo en ambos tratamientos significativamente mayores que en TOP desde julio hasta final de septiembre. En el tercer año (2023), las diferencias observadas, en todo caso desfavorables a TOP frente a T7P y T07, mostraron tendencia similar al primer año, resultando estadísticamente significativas en la mayor parte de las fechas de medida, desde julio hasta principio de octubre, con una variabilidad pronunciada entre T7P y T07 en conductancia y transpiración.

Tabla 5. Fotosíntesis ($\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), conductancia estomática ($\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) y transpiración ($\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) medidas a las 9 hs en **lunes** en el periodo 2021-2023.

2021	A - lunes				g - lunes				E - lunes			
	19-jul.	9-ago.	23-ago.	30-ago.	19-jul.	9-ago.	23-ago.	30-ago.	19-jul.	9-ago.	23-ago.	30-ago.
TOP	22,9	15,6 b	10,7 b	7,4 b	140,6	66,8 b	36,5 b	24,4 b	6,34	2,73 b	1,60 b	1,48 b
T7P	25,2	22,4 a	17,4 a	18,3 a	151,6	109,8 a	67,2 a	79,9 a	6,44	4,77 a	2,66 a	3,91 a
T07	25,7	25,1 a	18,7 a	18,9 a	152,6	132,1 a	71,7 a	96,8 a	6,34	5,12 a	2,74 a	4,13 a
P-valor	0,144	0,026	0,001	0,000	0,149	0,012	0,009	0,000	0,764	0,004	0,006	0,000
Sig. P<0,05	-	*	*	*	-	*	*	*	-	*	*	*

2022	A - lunes								
	27-jun.	11-jul.	18-jul.	25-jul.	8-ago.	22-ago.	5-sep.	12-sep.	26-sep.
TOP	23,39	6,81	2,19	2,52 b	1,53 b	2,96 b	1,78 b	2,25 b	3,22 b
T7P	24,33	10,81	5,44	7,20 a	5,95 a	8,16 a	7,25 a	6,32 a	8,68 a
T07	23,90	9,22	2,74	5,57 a	4,50 a	6,99 a	8,07 a	5,60 a	8,62 a
P-valor	0,772	0,076	0,282	0,004	0,003	0,002	0,000	0,002	0,000
Sig. P<0,05	-	-	-	*	*	*	*	*	*

2022	g - lunes								
	27-jun.	11-jul.	18-jul.	25-jul.	8-ago.	22-ago.	5-sep.	12-sep.	26-sep.
TOP	126,9	15,1 b	4,8 b	6,5 b	4,1 b	5,2 b	3,7 c	4,3 b	8,6 b
T7P	137,2	26,0 a	11,5 a	19,7 a	15,1 a	14,6 a	18,8 b	12,6 a	28,2 a
T07	129,3	22,3 ab	8,3 ab	15,2 a	12,4 a	11,6 a	24,0 a	11,3 a	27,7 a
P-valor	0,599	0,047	0,016	0,005	0,005	0,003	0,000	0,004	0,000
Sig. P<0,05	-	*	*	*	*	*	*	*	*

2022	E - lunes								
	27-jun.	11-jul.	18-jul.	25-jul.	8-ago.	22-ago.	5-sep.	12-sep.	26-sep.
TOP	4,70	1,14 b	0,48	0,48 b	0,34 b	0,28 b	0,20 b	0,30 b	0,31 b
T7P	4,73	1,99 a	1,52	1,37 a	1,15 a	0,74 a	1,03 a	0,76 a	0,87 a
T07	4,54	1,55 ab	0,66	1,03 a	0,92 a	0,60 a	1,20 a	0,61 a	0,83 a
P-valor	0,801	0,040	0,157	0,002	0,005	0,004	0,000	0,004	0,001
Sig. P<0,05	-	*	-	*	*	*	*	*	*

2023	A - lunes								
	3-jul.	10-jul.	17-jul.	31-jul.	7-ago.	21-ago.	28-ago.	25-sep.	2-oct.
TOP	21,83 b	21,20	10,83	7,80 b	3,27 b	0,80 b	4,75 b	14,80 b	15,23
T7P	26,58 a	23,48	13,30	12,48 a	8,24 a	4,40 a	8,26 a	20,21 a	17,53
T07	24,33 a	24,09	14,94	11,90 a	8,62 a	3,67 a	9,16 a	19,19 a	16,58
P-valor	0,004	0,505	0,143	0,019	0,000	0,037	0,028	0,037	0,285
Sig. P<0,05	*	-	-	*	*	*	*	*	-



2023	g - lunes								
	3-jul.	10-jul.	17-jul.	31-jul.	7-ago.	21-ago.	28-ago.	25-sep.	2-oct.
T0P	80,7 <i>ab</i>	65,8	24,8 <i>b</i>	14,7 <i>b</i>	8,8 <i>b</i>	2,2 <i>b</i>	9,8 <i>b</i>	52,7 <i>b</i>	9,8 <i>b</i>
T7P	101,2 <i>a</i>	86,2	33,5 <i>ab</i>	28,1 <i>a</i>	16,1 <i>a</i>	6,4 <i>a</i>	18,0 <i>a</i>	89,8 <i>a</i>	18,0 <i>a</i>
T07	95,9 <i>a</i>	90,1	39,9 <i>a</i>	24,7 <i>a</i>	18,6 <i>a</i>	7,0 <i>a</i>	22,4 <i>a</i>	82,1 <i>a</i>	22,4 <i>a</i>
P-valor	0,002	0,140	0,031	0,028	0,039	0,038	0,011	0,003	0,011
Sig. P<0,05	*	-	*	*	*	*	*	*	*

2023	E - lunes								
	3-jul.	10-jul.	17-jul.	31-jul.	7-ago.	21-ago.	28-ago.	25-sep.	2-oct.
T0P	3,76 <i>c</i>	4,06	1,60 <i>b</i>	1,10 <i>b</i>	0,63	0,20 <i>b</i>	0,58 <i>b</i>	2,13 <i>b</i>	2,16 <i>b</i>
T7P	4,80 <i>a</i>	4,94	2,08 <i>ab</i>	1,94 <i>a</i>	1,03	0,69 <i>a</i>	0,94 <i>a</i>	3,25 <i>a</i>	3,40 <i>a</i>
T07	4,51 <i>b</i>	5,02	2,34 <i>a</i>	1,72 <i>ab</i>	1,16	0,59 <i>a</i>	1,06 <i>a</i>	2,98 <i>a</i>	3,26 <i>a</i>
P-valor	0,000	0,211	0,035	0,035	0,160	0,025	0,033	0,015	0,033
Sig. P<0,05	*	-	*	*	-	*	*	*	*

Intercambio gaseoso medido después del riego. De manera análoga a la observada en el seguimiento de los lunes, los valores de fotosíntesis, conductancia y transpiración mostraron en la inmensa mayoría de los días de medida efectuada en jueves -dos días después del riego semanal- diferencias significativas favorables a los tratamientos T7P y T07 con respecto al tratamiento T0P, claramente perjudicado por no haber recibido aportación de riego durante el verano, salvo únicamente la recarga hídrica completa en prebrotación (tabla 6).

En el primer año (2021), las diferencias desfavorables a T0P se mostraron significativas en casi todas las medidas desde el principio, en la primera quincena de julio, hasta final de septiembre, sin diferenciarse T07 de T7P. En el segundo año (2022), las diferencias desfavorables a T0P también se mostraron significativas prácticamente en todas las medidas desde el inicio hasta septiembre, observándose valores ligeramente mayores en T7P que en T07 en gran parte de las medidas, sin resultar significativas las diferencias entre ellos. En el tercer año (2023), prácticamente todas las medidas mostraron diferencias significativas favorables a T7P y T07 frente a T0P, mientras que no se observó ninguna diferencia notable entre T7P y T07 en todo el ciclo de medidas, desde principio de julio hasta mediados de septiembre.

Tabla 6. Fotosíntesis, A ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), conductancia estomática g, ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) y transpiración E ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) medidas a las 9 hs en **jueves** en el periodo 2021-2023.

2021	A - jueves						
	15-jul.	22-jul.	5-ago.	12-ago.	26-ago.	23-sep.	30-sep.
T0P	17,8 <i>b</i>	23,9	17,9 <i>b</i>	13,4 <i>b</i>	5,4 <i>b</i>	7,0 <i>b</i>	9,5 <i>b</i>
T7P	20,3 <i>a</i>	25,6	23,9 <i>a</i>	22,5 <i>a</i>	18,7 <i>a</i>	14,2 <i>a</i>	16,0 <i>a</i>
T07	20,6 <i>a</i>	25,8	25,4 <i>a</i>	22,7 <i>a</i>	20,2 <i>a</i>	15,2 <i>a</i>	16,0 <i>a</i>
P-valor	0,002	0,178	0,005	0,000	0,000	0,000	0,002
Sig. P<0,05	*	-	*	*	*	*	*

2021	g - jueves						
	15-jul.	22-jul.	5-ago.	12-ago.	26-ago.	23-sep.	30-sep.
T0P	139,3	111,3	71,1 <i>b</i>	28,0 <i>b</i>	10,2 <i>b</i>	16,1 <i>b</i>	32,1 <i>b</i>
T7P	140,7	119,8	126,3 <i>a</i>	95,0 <i>a</i>	76,8 <i>a</i>	54,7 <i>a</i>	76,6 <i>a</i>
T07	150,3	123,8	139,8 <i>a</i>	95,4 <i>a</i>	91,5 <i>a</i>	63,8 <i>a</i>	79,6 <i>a</i>
P-valor	0,550	0,067	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Sig. P<0,05	-	-	*	*	*	*	*



E - jueves							
2021	15-jul.	22-jul.	5-ago.	12-ago.	26-ago.	23-sep.	30-sep.
TOP	4,13	5,73	3,18 <i>b</i>	2,00 <i>b</i>	0,87 <i>b</i>	0,66 <i>b</i>	1,21 <i>b</i>
T7P	4,07	5,98	4,94 <i>a</i>	5,27 <i>a</i>	4,47 <i>a</i>	1,82 <i>a</i>	2,86 <i>a</i>
T07	4,29	6,11	5,28 <i>a</i>	4,97 <i>a</i>	5,13 <i>a</i>	2,03 <i>a</i>	2,79 <i>a</i>
P-valor	0,708	0,129	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Sig. P<0,05	-	-	*	*	*	*	*

2022	A - jueves					g - jueves					E - jueves				
	7-jul.	14-jul.	18-ago.	25-ago.	1-sep.	7-jul.	14-jul.	18-ago.	25-ago.	1-sep.	7-jul.	14-jul.	18-ago.	25-ago.	1-sep.
TOP	19,2	2,4 <i>c</i>	5,1 <i>b</i>	2,8 <i>b</i>	3,7 <i>b</i>	51,3 <i>b</i>	5,7 <i>c</i>	15,0 <i>b</i>	8,1 <i>b</i>	7,0 <i>b</i>	2,14 <i>b</i>	0,55 <i>c</i>	0,67 <i>b</i>	0,47 <i>b</i>	0,39 <i>b</i>
T7P	23,5	21,0 <i>a</i>	17,6 <i>a</i>	16,8 <i>a</i>	17,1 <i>a</i>	89,6 <i>a</i>	61,3 <i>a</i>	78,2 <i>a</i>	68,9 <i>a</i>	68,7 <i>a</i>	3,41 <i>a</i>	4,23 <i>a</i>	2,80 <i>a</i>	3,10 <i>a</i>	3,08 <i>a</i>
T07	22,3	17,6 <i>b</i>	17,1 <i>a</i>	16,7 <i>a</i>	16,1 <i>a</i>	85,1 <i>a</i>	45,1 <i>b</i>	73,6 <i>a</i>	65,5 <i>a</i>	61,4 <i>a</i>	3,19 <i>a</i>	3,35 <i>b</i>	2,75 <i>a</i>	3,02 <i>a</i>	2,94 <i>a</i>
P-valor	0,116	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000
Sig. P<0,05	-	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

A - jueves							
2023	7-jul.	13-jul.	3-ago.	17-ago.	24-ago.	31-ago.	14-sep.
TOP	22,1 <i>b</i>	17,5 <i>b</i>	9,8 <i>b</i>	7,8 <i>b</i>	1,0 <i>b</i>	5,2 <i>b</i>	17,0
T7P	25,8 <i>a</i>	23,7 <i>a</i>	21,7 <i>a</i>	20,9 <i>a</i>	11,9 <i>a</i>	17,5 <i>a</i>	20,5
T07	24,7 <i>a</i>	22,7 <i>a</i>	20,4 <i>a</i>	20,1 <i>a</i>	12,1 <i>a</i>	16,7 <i>a</i>	19,8
P-valor	0,023	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,105
Sig. P<0,05	*	*	*	*	*	*	-

g - jueves							
2023	7-jul.	13-jul.	3-ago.	17-ago.	24-ago.	31-ago.	14-sep.
TOP	62,8 <i>b</i>	44,3 <i>b</i>	19,3 <i>b</i>	15,6 <i>b</i>	3,7 <i>b</i>	13,7 <i>b</i>	65,8 <i>b</i>
T7P	80,7 <i>a</i>	71,9 <i>a</i>	64,3 <i>a</i>	81,1 <i>a</i>	36,4 <i>a</i>	75,7 <i>a</i>	91,8 <i>a</i>
T07	81,8 <i>a</i>	71,2 <i>a</i>	64,1 <i>a</i>	76,7 <i>a</i>	38,7 <i>a</i>	71,8 <i>a</i>	84,4 <i>a</i>
P-valor	0,014	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
Sig. P<0,05	*	*	*	*	*	*	*

E - jueves							
2023	7-jul.	13-jul.	3-ago.	17-ago.	24-ago.	31-ago.	14-sep.
TOP	3,60 <i>b</i>	2,69 <i>b</i>	0,96 <i>b</i>	1,09 <i>b</i>	0,20 <i>b</i>	0,77 <i>b</i>	2,64 <i>b</i>
T7P	4,44 <i>a</i>	3,90 <i>a</i>	2,70 <i>a</i>	3,88 <i>a</i>	0,69 <i>a</i>	3,22 <i>a</i>	3,58 <i>a</i>
T07	4,49 <i>a</i>	3,83 <i>a</i>	2,55 <i>a</i>	3,77 <i>a</i>	0,59 <i>a</i>	3,04 <i>a</i>	3,37 <i>a</i>
P-valor	0,006	0,003	0,000	0,000	0,025	0,000	0,010
Sig. P<0,05	*	*	*	*	*	*	*

4. Conclusiones

El estado hídrico del viñedo, estimado a través del potencial hídrico foliar medido a primera hora de la mañana (7 hs), en hojas situadas en el lado de sombra del *canopy*, ha respondido con diferencias significativas a partir del inicio del riego estival de los tratamientos T7P y T07, que fueron generalmente favorables a dichos tratamientos con respecto al T0P, que no recibió aportación de riego después de la recarga hídrica en prebrotación. El tratamiento T7P, beneficiado por la recarga hídrica que había recibido en prebrotación, mostró algunas diferencias favorables con respecto a T07, que se regó idénticamente al anterior durante el verano, hasta el entorno del envero en alguno de los años de estudio.

El intercambio gaseoso, estimado a través de la medida de fotosíntesis, conductancia y transpiración, efectuada a media mañana (9 hs) en hojas expuestas al sol, mostró una tendencia similar al potencial hídrico, ofreciendo diferencias significativas favorables a los tratamientos T7P y T07, con respecto a T0P, debido a la falta de riego de éste durante el verano. Al igual que para



el estado hídrico, el tratamiento T7P, que había recibido la recarga hídrica en prebrotación, mostró ligeras diferencias favorables con respecto a T07 en los mismos años de estudio.

El seguimiento del estado hídrico y del intercambio gaseoso presentó tendencias análogas en las medidas efectuadas en lunes -un día antes del riego semanal- que en jueves -dos días después del riego semanal-, reflejándose en ambos días las diferencias significativas favorables a los tratamientos T7P y T07 con respecto al tratamiento T0P.

Los resultados observados muestran una repercusión notable de la aplicación del riego deficitario en verano frente a la escasa influencia de la aplicación exclusiva de la recarga hídrica del suelo antes de la brotación, tanto en el estado hídrico como en los parámetros de intercambio gaseoso (conductancia, transpiración, fotosíntesis) de la planta. Por otro lado, la aplicación de recarga hídrica antes de brotación, que puede ser asimilada a la precipitación abundante de final de invierno o principio de primavera, puede favorecer parcialmente el estado hídrico y la actividad fisiológica del viñedo, que posteriormente pueda ser regado deficitariamente en verano, dependiendo de las condiciones climáticas del periodo de ciclo vegetativo.

En definitiva, la gestión de aplicación alternativa o simultánea de riego en prebrotación y/o durante el verano requiere de la profundización de la experimentación en distintos tipos de suelo y, por supuesto, de la consideración de las condiciones climáticas anuales, para optimizar la eficiencia en el uso del agua y la respuesta del viñedo.

5. Bibliografía

1. MONTORO, A.; MAÑAS, F.; LÓPEZ-URREA, R. 2016. **Transpiration and evaporation of grapevine, two components related to irrigation strategy**. *Agric. Water Manag.* 177: 193-200.
2. RAMOS, M.C.; YUSTE, J. 2023. **Grapevine phenology of white cultivars in Rueda Designation of Origin (Spain) in response to weather conditions and potential shifts under warmer climate**. *Agronomy* 13(1), 146: 1-15
3. SANTESTEBAN, L.G.; MIRANDA, C.; MARÍN, D.; SESMA, B.; INTRIGLILO, D.S.; MIRÁS-AVALOS, J.M.; ESCALONA, J.M.; MONTORO, A.; DE HERRALDE, F.; BAEZA, P.; ROMERO, P.; YUSTE, J.; URIARTE, D.; MARTÍNEZ-GASCUEÑA, J.; CANCELA, J.J.; PINILLOS, V.; LOIDI, M.; URRESTARAZU, J.; ROYO, J.B. 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: 202-210
4. URIARTE, D.; MONTORO, A.; YUSTE, J.; MANCHA, L.A.; MORENO, D.; MARTÍNEZ-PORRO, D.; RODRÍGUEZ-FEBEREIRO, M.; FANDIÑO, M.; CANCELA, J.J. 2023. **Efecto del riego aplicado en prebrotación sobre el comportamiento bienal de cuatro variedades tintas de vid en cuatro provincias españolas**. *Actas de Horticultura* (p. 82) XVII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas
5. VILANOVA, M.; RODRÍGUEZ-NOGALES, J.M.; VILA-CRESPO, J.; YUSTE, J. 2019. **Influence of water regime on yield components, must composition and wine volatile compounds of *Vitis Vinifera* cv. Verdejo**. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 25: 83-91
6. YUSTE, J.; VICENTE, A.; MARTÍNEZ-PORRO, D. 2024. **Estado hídrico y actividad fisiológica del cv. Cabernet Sauvignon en relación con la frecuencia de rehidratación mediante riego por goteo, en el valle del río Duero**. *Tierras agricultura* 326: 60-68

6. Agradecimientos

La elaboración de este trabajo ha sido posible a través del proyecto PID2019-105039RR-C42, con el apoyo de la bodega De los Ríos Prieto y de compañeros del ITACYL.

Selección de Garnacha Blanca en Navarra. Datos relativos a los biotipos seleccionados

José Félix Cibriáin Sabalza, Ana Sagües Sarasa, Alfredo Rueda Diez, Izaskun Oria Ostiz,
Marta Usoz, Raquel Erdozain

Sección de Viticultura y Enología. Gobierno de Navarra-EVENA. C/ Valle de Orba, 34 - 31390 Olite (Navarra).

1. Introducción

La variedad Garnacha Blanca es una variante somática de la variedad Garnacha Tinta que ha perdido la capacidad de sintetizar antocianinas (Rodríguez, 2019).

Las características morfológicas de la variedad Garnacha Blanca son muy similares a las de la variedad Garnacha Tinta. Se trata de una variedad de brotación temprana y floración, envero y maduración de época media. Cuenta con unas hojas de tamaño medio, con tres lóbulos, seno peciolar abierto y sin vellosidad. Los racimos son de longitud corta, con tendencia a ser compactos y con un peso de 250-350 g. Las bayas son de tamaño mediano y esféricas con un peso de 1,3-1,7 g (Martínez de Toda et al., 2004).



Fig. 1. Cepa de Garnacha Tinta con racimo que ha desarrollado una mutación (Garnacha Blanca)

La maduración de las bayas de Garnacha Blanca es muy poco homogénea, madurando mucho antes las bayas del exterior del racimo que las del interior. Por lo tanto, la variedad Garnacha Blanca requiere alcanzar un mayor contenido en azúcares para conseguir un mejor equilibrio en boca, lo cual prolonga su ciclo de maduración (Rodríguez, 2019). Esta tendencia a la maduración tardía junto con la compactidad media-alta de los racimos incrementa el riesgo de aparición de Botrytis, lo que puede causar problemas a la hora de la elaboración del vino. Por otro lado, estudios preliminares indican que existe variación intravarietal en Garnacha Blanca (Andreu et al., 2016), aunque evidentemente el perfil de la variedad está influido principalmente por las condiciones climáticas, el suelo, la altitud y la filosofía de los elaboradores.

Se trata de una variedad muy rústica con cierta tendencia al corrimiento, si bien esta tendencia es menor que en la variedad tinta (Larrea, 1979). Es bastante resistente a la sequía y a los vientos violentos. Muy sensible al mildiu, podredumbre gris y a la necrosis bacteriana pero poco atacada por el oídio y por ácaros. Sus rendimientos son muy variables, y al ser muy vigorosa y de



porte muy erguido, se debe injertar sobre patrones de vigor débil o medio (Galet, 1990; Martínez de Toda et al., 2004). En cuanto a las características enológicas, los vinos elaborados con Garnacha Blanca, presentan un grado alcohólico medio y variable según el año. Destacan por tener un pH muy bajo debido al elevado contenido en ácido tartárico y su baja concentración en potasio. El color de estos vinos es amarillo pálido, y a nivel aromático presentan una intensidad media, de carácter muy afrutado (manzana y cítricos) y floral, con notas más frescas o de fruta madura en función del momento de vendimia y de la elaboración. En boca son ligeros, con predominio de la sensación ácida y persistencia medio-corta. (Martínez de Toda et al., 2004; Cibriain et al., 2014).

Así pues, con el fin de aumentar la diversidad del material vegetal en las nuevas plantaciones, lo que se persigue es obtener nuevos clones certificados.

Para ello, desde Evena y desde el año 2008, se ha llevado a cabo la recopilación del material vegetal existente en Navarra de Garnacha Blanca, mediante la localización de viñedos viejos de esta vinífera, con el posterior marcaje de cepas con características de interés y, finalmente, llegando a localizar 88 biotipos.

Años más tarde, en 2011, se pudo comprobar que, de esos 88 biotipos, 55 eran de Garnacha Blanca libres de virus (ELISA). Con estos, entre 2011 y 2013, se estableció el conservatorio de material vegetal de Garnacha Blanca en la parcela de Baretón, ubicada en Olite.

Entre otros, lo que se buscaba era biotipos que presentasen menor compacidad y menor sensibilidad al corrimiento. Además, una vez dispuesto el conservatorio, era necesaria la comprobación varietal y el testaje sanitario, por lo que en un período cuya duración es de 4 años (2015-2019), se llevó a cabo la caracterización preliminar y el testaje sanitario oficial, de la cual resultaron 13 biotipos de Garnacha Blanca completamente limpios (libres de virosis) candidatos a ser clones certificados.

En la caracterización genética se pudo observar cómo en Navarra se produjeron dos sucesos de mutación o delección (pérdida de secuencias en los cromosomas) independientes en función del origen geográfico. G1 o G2.

Finalmente, desde 2019 hasta hoy, se han ido realizando controles de producción en los biotipos que completaron el proceso de caracterización sanitaria. Del mismo modo, desde 2020 se ha repartido material vegetal de las 13 accesiones a viveros seleccionadores con el fin de multiplicar el material.

El objetivo del presente estudio es dar a conocer si existe variabilidad entre los diferentes biotipos de Garnacha Blanca para los diferentes parámetros agronómicos y enológicos de mayor interés.

2. Material y métodos

Material

Se parte de la premisa de que dentro de una misma variedad existe variabilidad genética (clonal) entre individuos que muchas veces se manifiesta en variabilidad fenotípica, esto es, en caracteres morfológicos, agronómicos y organolépticos distintos. El origen de dicha variabilidad en



el viñedo se debe a diferentes causas. Una de ellas es debida a mutaciones somáticas, muy frecuentes en la vid. Dichas mutaciones pueden afectar a aspectos morfológicos más o menos evidentes, pero que pueden afectar a la fisiología de la planta.

El viñedo experimental donde se lleva a cabo este ensayo está ubicado en la finca Baretón de Olite en Navarra, dependiente de la Sección de Viticultura y Enología (Estación de Viticultura y Enología de Navarra, EVENA) del Departamento DRMAyAL del Gobierno de Navarra. Está ubicada en las coordenadas geográficas UTM 30N x:610.156 y: 4.697.754 a una altura de 397 m latitud 42°25'27'' longitud 1° 39'39''.

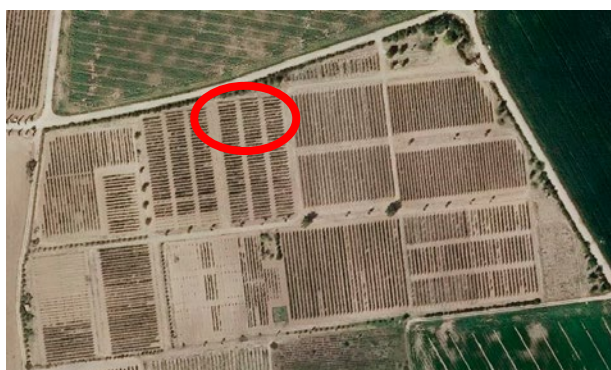


Fig. 2. Ubicación en campo del material vegetal empleado para el estudio

Además, para el análisis se ha dispuesto de 13 biotipos y 1 referencia utilizada como testigo. De estos 13 biotipos, como ya se ha comentado, se ha demostrado que genéticamente existen dos mutaciones diferentes y, gracias a marcadores SNP, se ha podido asociar cada biotipo a una de estas mutaciones. Esto son, dos grupos o patrones de pérdida de heterocigosidad (G1 y G2).

Estos dos patrones se diferencian porque en las accesiones G1 el intervalo de pérdida de heterocigosidad es discontinuo según las posiciones del genoma de referencia, ya que se localizan marcadores SNP que se mantienen en heterocigosidad entre las posiciones 14.722.422 (SNP26) y 14.983.912 (SNP29). En las accesiones G2, sin embargo, la pérdida de heterocigosidad es continua en todos los marcadores del intervalo. Por tanto, las zonas con pérdida de heterocigosidad en las accesiones de tipo G1 se limitan a aproximadamente 0,68 Mb, mientras que en el tipo G2 la pérdida de heterocigosidad se extiende a lo largo de 1 Mb aproximadamente (Rodríguez, 2019).

Tabla 1. Mutaciones existentes de la variedad Garnacha Blanca

Biotipo	Mutación
C-141	G1
GB04	G1
GB27	G1
GB29	G1
GB30	G1
GB31	G1
GB32	G1
GB34	G1
GB36	G1
GB45	G1
GB53	G1
GB67	G2
GB71	G2
GB78	G2



Método

Por un lado, considerando el análisis agronómico, la metodología empleada consiste en, una vez ubicados y diferenciados cada uno de los biotipos en campo, durante las diversas campañas se han llevado a cabo diversos controles iniciales, tales como conteo del número de racimos por cepa, peso de 100 bayas, peso del racimo, etc.

Por el otro, en el análisis enológico, las vinificaciones no se han llevado a cabo hasta 2021.

El modo de realización de los vinos se ha llevado a cabo siguiendo el protocolo de elaboración de vinos blancos de Evena. En primer lugar, se realiza un prensado inicial de las uvas. Una vez prensadas, se sulfitan y se añaden enzimas de desfangado a los mostos. A estos, se les deja 24 horas para que precipiten determinadas partículas y se trasiegan. A continuación, se encuban y se siembran levaduras *Saccharomyces cerevisiae* para que realicen la fermentación alcohólica. Estas levaduras son estándares, es decir, no aportan ningún tipo de aroma y así se perciben únicamente las notas propias de la Garnacha Blanca. Cuando ésta finaliza, se descuban y se sulfitan. Después, se dejan un mes en una cámara a 6 °C para que se realice una semiestabilización tartárica. Finalmente, se trasiegan y se embotellan. No se filtran debido al poco volumen obtenido.



Fig. 3. Diagrama de elaboración de variedades blancas

Por último, se han llevado a cabo evaluaciones sensoriales. Todas ellas han seguido la misma dinámica en los 3 años, realizadas en la sala de cata de Evena. El panel se compone por el personal de Evena. Para ello se ha utilizado la ficha de cata empleada por la OIV, que se basa en una puntuación máxima de 100 puntos.

3. Resultados

En el siguiente apartado se muestran los resultados obtenidos tanto para la parte agronómica como para la enológica.

Datos agronómicos

A continuación, se pueden observar los resultados agronómicos obtenidos para cada uno de los biotipos de Garnacha Blanca, correspondientes a 5 años de estudio consecutivos comprendidos entre 2019 y 2023, inclusive.



En primer lugar, en la *Tabla 2* aparece la fecha de vendimia en los diferentes años en los que ha tenido lugar el estudio.

Tabla 2. Fecha de vendimia para cada uno de los años (efecto añada)

FECHA DE VENDIMIA					
Año	2019	2020	2021	2022	2023
Día	23-sep	07-sep	22-sep	12-sep	30-ago

En ella se puede observar cómo, a excepción del año 2020, caracterizado por una primavera lluviosa con numerosos días de precipitaciones y temperaturas por encima de la media, y un verano muy seco, lo cual hizo que el ciclo de la vid se viera adelantado en torno a 10-14 días respecto del año anterior y también respecto de un año medio; se está dando un adelanto en la fecha de vendimia, provocado en gran parte por las condiciones climáticas que se han ido viendo los últimos años como consecuencia del cambio climático.

Siguiendo con ello, en la *Tabla 3* se presentan los valores obtenidos para cada uno de los biotipos y para aquellos parámetros que, a nivel agronómico y productivo, resultan de mayor interés desde el año 2019 hasta la pasada campaña de 2023.

Tabla 3. Valoración de los datos correspondientes comprendidos entre 2019 y 2023

Biotipo	Peso cepa (g)					Peso racimo (g)					Peso 100 bayas (g)				
	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022	Año 2023	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022	Año 2023	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022	Año 2023
C-141	1850,0	5300,0	2375,0	5325,0	4235,0	172,0	315,7	138,0	294,8	227,5	161,1	198,7	202,0	178,0	177,7
GB04	5237,5	4600,0	3537,5	4162,5	2330,3	263,5	218,5	188,9	263,9	117,2	147,9	193,4	210,7	166,7	174,2
GB27	4662,5	4362,5	2587,5	5800,0	4715,0	226,8	245,6	142,3	266,6	258,3	149,1	154,5	186,0	206,4	174,2
GB29	2712,5	4800,0	1525,0	4125,0	5745,0	220,3	265,5	107,9	303,4	241,6	172,6	188,6	215,1	215,9	180,7
GB30	2612,5	5825,0	2237,5	5850,0	4800,0	142,8	285,4	117,7	386,0	274,4	145,7	177,1	182,0	192,0	177,9
GB31	2512,5	5057,5	1687,5	4975,0	6070,0	154,7	273,8	125,0	275,0	212,2	167,6	169,0	205,0	198,0	169,0
GB32	1862,5	3600,0	1425,0	5062,5	2960,0	125,6	237,9	114,2	299,5	186,6	152,9	195,2	199,8	143,0	182,1
GB34	2887,5	4475,0	1325,0	4625,0	3390,0	202,9	230,6	108,2	294,6	228,7	172,2	201,5	115,0	196,0	174,1
GB36	3500,0	5187,5	2287,5	4500,0	5105,0	197,4	307,4	118,2	272,0	267,4	171,1	191,0	190,9	197,6	164,1
GB45	3583,3	5516,7	2038,3	5212,5	5239,3	199,5	288,0	126,6	325,2	321,1	165,2	194,3	183,3	186,7	173,9
GB53	2862,5	4787,5	1962,5	5075,0	4840,0	159,7	260,6	114,5	318,3	298,6	148,7	156,9	211,5	186,0	160,0
GB67	2425,0	4712,5	2662,5	3762,5	5910,0	192,3	318,5	154,4	335,6	283,3	193,7	200,5	203,0	216,5	183,7
GB71	3572,5	4750,0	2350,0	4062,5	5060,0	194,9	294,0	151,8	257,9	236,6	192,5	210,5	199,1	222,5	174,1
GB78	3775,0	2937,5	2500,0	4200,0	2600,0	236,9	172,6	158,2	322,9	236,2	171,8	184,8	197,0	206,0	180,3
MÁXIMO	5237,5	5825,0	3537,5	5850,0	6070,0	263,5	318,5	188,9	386,0	321,1	193,7	210,5	215,1	222,5	183,7
MÍNIMO	1850,0	2937,5	1325,0	3762,5	2330,3	125,6	172,6	107,9	257,9	117,2	145,7	154,5	115,0	143,0	160,0
EQUIDIST.	1129,2	962,5	737,5	695,8	1246,6	45,9	48,6	27,0	42,7	68,0	16,0	18,7	33,4	26,5	7,9
Límite inf.	2979,2	3900,0	2062,5	4458,3	3576,9	171,6	221,3	134,9	300,6	185,2	161,7	173,2	148,4	169,5	167,9
Límite sup.	4108,3	4862,5	2800,0	5154,2	4823,4	217,5	269,9	161,9	343,3	253,2	177,7	191,8	181,7	196,0	175,8
BAJO															
MEDIO															
ALTO															

Además, se han podido clasificar cada uno de ellos en base a una escala de manera que quedan agrupados en 3 grupos diferentes: bajo, medio y alto.

A continuación, la *Fig 4* muestra los valores medios obtenidos en el mismo período de tiempo respecto al peso de 100 bayas, peso del racimo y peso de la cepa.

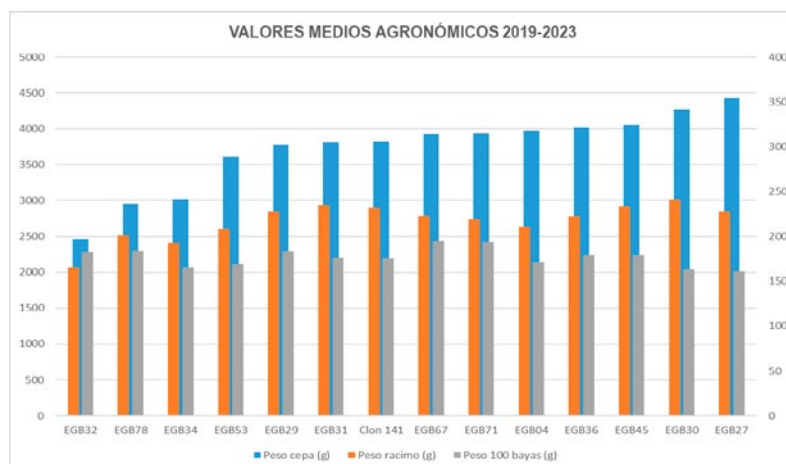


Fig. 4. Valores agronómicos medios obtenidos entre 2019 y 2023

Se observa cómo no hay un comportamiento claro para ninguno de los tres parámetros con respecto a los dos sucesos de mutación. Es cierto que, en referencia al peso de la cepa se observan dos, e incluso tres grupos diferenciados para los diferentes biotipos, encontrándose en el segundo de ellos los biotipos 71 y 67 correspondientes a la mutación G2, pero el tercero, el 78, se encuentra en el primer grupo.

Con respecto al peso de 100 bayas, este es un parámetro que nos va a explicar las diferencias existentes de compacidad entre los biotipos, puesto que, cuanto mayor sea este valor, mayor será la compacidad del racimo y, en consecuencia, la sensibilidad frente a botrytis. En este caso ocurre lo mismo, no hay una agrupación clara, ya que no se observan dos grupos claramente diferenciados puesto que los valores son muy similares, pero sí coinciden los valores superiores con los biotipos correspondientes a la mutación G2 (67,71 y 78).

Finalmente, para el peso del racimo, también ocurre lo mismo, no hay diferencias entre ellos.

En la Fig 5 se exponen los valores obtenidos correspondientes al grado probable, pH y acidez total de las uvas en el momento de la vendimia.

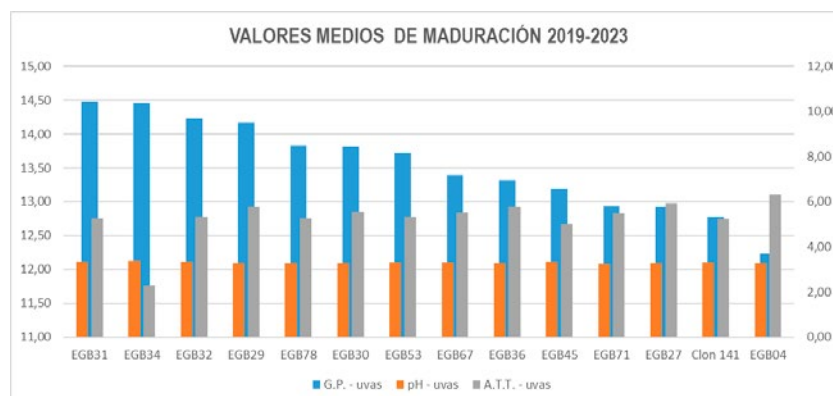


Fig. 5. Valores medios de maduración obtenidos entre 2019 y 2023

Se puede ver cómo en este caso, atendiendo al grado probable de las uvas, hay dos grupos diferenciados, pero no responden a los grupos de las selecciones.



Los valores del pH no presentan diferencias significativas y en cuanto a la acidez total, a excepción de biotipo 04, cuya acidez es de 6,32 g/l, tampoco se observan diferencias ni comportamientos diferenciados en grupos.

Datos enológicos

A continuación, en la Fig 6 figura el promedio de los parámetros analíticos obtenidos en los vinos entre los años 2021 y 2023.

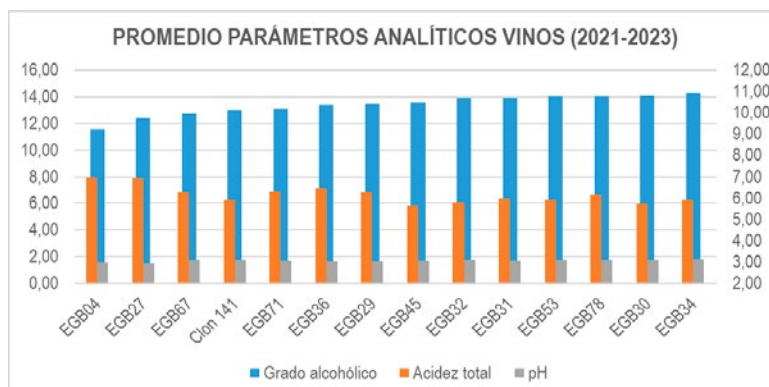


Fig. 6. Promedio de los parámetros analíticos de los vinos para los años 2021-2023

Con respecto al grado alcohólico, cabe destacar que parece que dicho parámetro se puede dividir en tres grupos. El primero, compuesto por los biotipos 04 y 27 que, a priori, son los de menor grado, no alcanzando en ningún caso los 12,5%. El segundo, formado por los biotipos 67, 71, 36, 29, 45 y el clon 141, donde aparentemente tienen un grado medio, abarcando entre los 13 y 13,5% aproximadamente. En último lugar, se encuentran los biotipos 32, 31, 53, 78, 30 y 34, los cuales parece que tienen un mayor grado. Destacando este último, superando los 14 de manera significativa.

Aparentemente, sucede algo similar con el parámetro de la acidez total, donde se pueden ver 3 grupos. El primero compuesto por aquellos que parecen estar entre los 5,5 y 6 g/l entre los que se encuentran el clon 141 y los biotipos 45, 30, 32, 53, 34 y 31. Otro grupo que se puede considerar es aquel formado por los biotipos 78, 67, 29, 71 y 36, cuyos valores parecen rondar entre los 6,2 y 6,5 g/l. Algo muy reseñable es que en este grupo se encuentran todas las mutaciones pertenecientes al grupo G2. Por último, y al igual que sucede en el caso anterior, hay un grupo compuesto por los biotipos 27 y 04 que aparentemente son los que tienen una mayor acidez, muy próxima a 7 g/l. Cabe destacar que estos destacan por su poco grado y gran acidez, a continuación, se verá si influye de alguna manera en la evaluación sensorial.

En cuanto al pH, se puede observar cómo, a priori, no existen diferencias significativas entre los clones.



Análisis sensorial

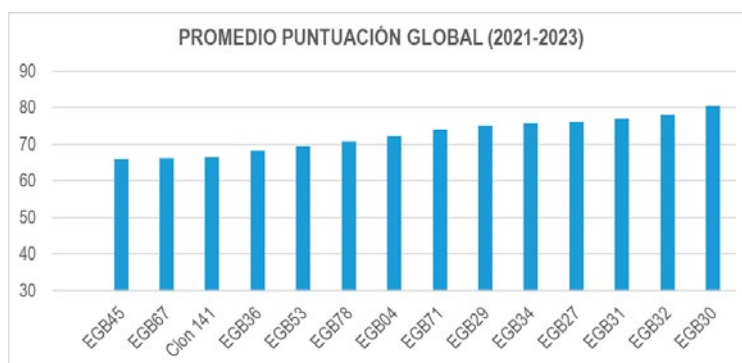


Fig. 7. Promedio de la puntuación global para los años 2021-2023

A diferencia de los parámetros analíticos, aparentemente, no hay 3 grupos formados, ya que se ve un aumento gradual en las valoraciones. Sí que es cierto, que parece que se distingue un grupo formado por los biotipos 45 y 67 más el clon 141, que recibieron las puntuaciones más bajas. Asimismo, mencionar como los biotipos que, a priori, tiene una mayor graduación como son el 30, 31 o el 34, entre otros, les otorgaron las puntuaciones más altas.

Destacar el biotipo 27, cuya media de la puntuación global de los 3 años, ha sido el tercer mejor valorado.

A continuación en la *Tabla 4* se presenta el global de los datos de los vinos producidos entre 2021 y 2023.

Tabla 4. Resultado medio de las analíticas de los vinos elaborados entre 2021 y 2023

Zona	Varietal	Grado alcohólico	ATT	pH	Ácido L-málico	DO 320	DO 420
G1	GB04_RA	11,57	7,00	3,00	1,30	4,46	0,07
G1	GB27_RA	12,42	6,93	2,96	0,93	5,40	0,07
G1	GB29_RA	13,46	6,27	3,04	0,93	5,42	0,06
G1	GB30_RA	14,13	5,73	3,11	0,87	4,81	0,06
G1	GB31_RA	13,95	5,97	3,08	0,87	4,71	0,06
G1	GB32_RA	13,92	5,80	3,12	0,93	3,94	0,05
G1	GB34_RA	14,33	5,93	3,14	0,97	4,83	0,06
G1	GB36_RA	13,44	6,47	3,05	0,97	5,64	0,07
G1	GB45_RA	13,61	5,67	3,08	0,80	5,87	0,07
G1	GB53_RA	14,04	5,93	3,10	0,87	4,75	0,07
G2	GB67_RA	12,77	6,27	3,10	1,00	6,24	0,08
G3	GB71_RA	13,13	6,33	3,07	1,10	6,47	0,08
G4	GB78_RA	14,06	6,17	3,11	1,07	4,81	0,07
G5	C-141_RA	13,02	5,93	3,09	0,97	4,25	0,07

Destaca el valor del ácido málico, siendo casi 0.5 más para el biotipo 04. En cuanto a la densidad óptica 320 nm son los biotipos 67 y 71 los que presentan valores superiores. Esto corresponde a la cantidad de quinonas y compuestos oxidantes, dando una idea de la capacidad oxidativa de los vinos.



4. Conclusiones

Las conclusiones obtenidas tras realizar el estudio han sido las siguientes:

- Existe variabilidad entre los diferentes biotipos de Garnacha Blanca, como se ha podido ir observando a lo largo del estudio, aunque no de manera clara respecto a las dos selecciones existentes con referencia al origen geográfico.
- El biotipo que presenta un comportamiento más alejado respecto al resto de ellos en todo momento ha sido GB04, como se ha podido ver en el pH de las uvas o bien por el bajo grado alcohólico y alta acidez que presenta.
- Tanto el pH de las uvas como el de los mostos no presenta diferencias significativas, presentando todos los biotipos valores muy similares. Lo mismo sucede con la acidez total de las uvas.
- Respecto al análisis sensorial destacar como la media de las puntuaciones de muchos de los biotipos ha resultado superior al clon de referencia.

5. Bibliografía

1. **Andreu, J., Bruna, P., Franco, E., Usón, J., Gogorcena, Y., Domingo, C., Elorduy, X., Baroja, E., Martínez, J., Cibriáin, J. F., Rodríguez, M., Suberviola, J.** 2016. "Selección clonal de la Garnacha blanca en el Valle del Ebro: propuesta de colaboración entre diferentes zonas vitícolas. 31ª Reunión del Grupo de Trabajo en Experimentación de Viticultura y Enología." Madrid, abril de 2016. ISBN: 978- 84-491-1478-6.
2. **Cibriáin, J. F., Sagüés, A., Caminero, L., Subirats, I., Oria, I., Arrondo, C., Marzo, J. M., Aguirrezabal, F., Suberviola, J.** 2014. "Garnacha Blanca de Navarra. Recopilación, identificación y mantenimiento de viníferas en Navarra." Navarra Agraria 203, 15-21.
3. **Galet, P.** 2000. "General Viticulture." (J. Towey, Trans.) Chaintre, France: Oenoplurimédia
4. **Martínez de Toda, F.** 2004. "Variedades minoritarias de vid en la D.O.Ca. Rioja: tintas: Maturana tinta, Maturana tinta de Navarrete y Monastel de Rioja; blancas: Maturana Blanca/Ribadavia, Tempranillo Blanco, Turruntés de Rioja, Garnacha Blanca y Malvasía de Rioja." Logroño, Gobierno de La Rioja, 2004. ISBN: 84-8125-230-1.
5. **Rodríguez, M.** 2019. "Estudio del origen genético de la variedad de vid Garnacha Blanca, de su diversidad fenotípica y de los efectos moleculares asociados a la variación en el color de la uva." Universidad de La Rioja.

Berués. Rebrote de una vinífera patrimonial navarra

José Félix Cibriáin, Ana Sagüés, Alfredo Rueda, Izaskun Oria

*Sección de Viticultura y Enología – EVENA. Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente.
Gobierno de Navarra. Calle Valle de Orba nº34, 31390 Olite (Navarra). 848 433601.
vitienuol@navarra.es*

Resumen

Desde el año 2004, está en marcha el proyecto “Cepas Singulares de Navarra-VINOS OLD-VIDAOS”, concebido y desarrollado por la Sección de Viticultura y Enología del Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente del Gobierno de Navarra (EVENA), con el objetivo de conservar el patrimonio genético local de la vid, parte del cual estaba en vías de desaparición.

Una de estas es la variedad Berués, una vinífera, que según consta en bibliografía se cultivaba en la localidad de la Baja Montaña de Sada ya en el año 1620. Con posterioridad a esta fecha, son numerosas las referencias a su cultivo encontradas en muchas de las localidades en las que la viña formó parte de su economía agraria. Los legajos custodiados en el Archivo Real de Navarra y el Archivo del Arzobispado, nos hablan del cultivo recurrente de viñas de esta vinífera y de los vinos elaborados con ella, durante los siglos XVII y XVIII. La bibliografía del siglo XIX continúa mencionando el cultivo generalizado de Berués en Navarra. A principios del siglo XX, las citas son ya pocas, y en 1926 encontramos la última referencia del cultivo residual de esta variedad. A partir de este momento, se pierde su rastro y desaparece la vinífera de nuestras viñas, así como los vinos obtenidos con la misma.

1. Introducción

Actualmente, se ha conseguido localizar y recuperar material vitícola, se ha identificado, se han obtenido individuos sanos, se han plantado viñas, y en la vendimia de 2023, después de un siglo desaparecida, se ha elaborado vino de Berués.

2. Encuadre histórico vitícola en la época post-medieval siglos XVII y XVIII

Pocos e imprecisos datos historiográficos disponemos de cómo fue el desarrollo vitícola de Navarra en la época post-medieval. Se conoce que a lo largo de estas dos centurias (1600-1800) el espacio vitícola está consolidado y sus valores van a ser constantes e invariables. La explicación de dicha estabilidad tiene mucho que ver con las leyes de obligado cumplimiento implementadas desde las Cortes Generales de Navarra, que prohibían el incremento de la masa vegetativa de viña. En este periodo tanto las variedades cultivadas como la superficie no sufrieron grandes variaciones, y las oscilaciones productivas que más adelante se detallan van a deberse a factores de índole ecológicos, ambientales y climatológicos.

El espacio vitícola se rompe a finales del siglo XVIII con el levantamiento de la prohibición de plantación viña en torno a 1780, y el inicio de un proceso comercializador del vino producido en Navarra hacia áreas limítrofes, principalmente a la provincia de Guipúzcoa y al país vecino.



2.1 Datos relativos a la producción y variedades cultivadas en el periodo 1600-1790

A partir de fuentes como los libros de diezmos, procesos judiciales, documentación parroquial, etc., y aplicando una metodología meramente cuantitativa y descriptiva, se pueden conocer detalles pormenorizados tanto de las producciones como de las variedades de uva utilizadas en algunas de las comarcas vitícolas de Navarra.

En lo relativo a las variedades utilizadas, a comienzos del siglo XVII, la pista nos la proporciona el legajo que contiene las **normas y paramentos municipales de Sada del año 1620 (Fig.1)**. La norma exige al agricultor obtener licencia oficial para iniciar la vendimia, de las variedades Berués y Mazuela, cada una en su tiempo, e indica que se informaría el momento de inicio mediante el siguiente pregón:

*“Otro sí, porque unos sustentos necesarios es el fruto de las viñas, y en que antes que comiencen a vendimiar los jurados hagan visitas a la uva si esta para vendemar, sazónada o no, y hecha la dicha visita los dichos jurados hagan pregonar para que se vendimie el **“Berués”** en su tiempo y la **Mazuela** en el suyo, y que ninguno pueda comenzar a vendemar sin que primero se pregone y se de licencia”.*

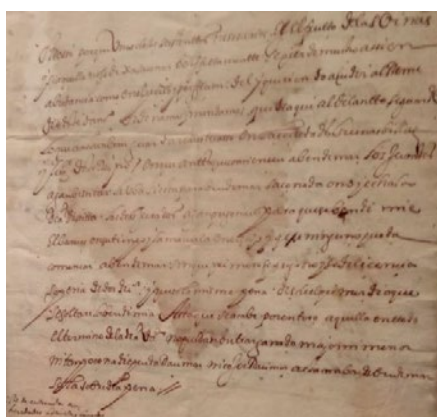


Fig. 1. Normas y paramentos municipales de Sada del año 1620

El hecho de que se mencionen estas dos viníferas no implica que no hubiere otras, lo que, sin duda refleja, es que debieran ser las de mayor significancia.

La aproximación a la producción agraria de la época se ha podido realizar a partir del diezmo declarado en cada una de las localidades navarras. Por ejemplo, para el mosto y el vino en la localidad de Eslava (Baja Montaña), el periodo temporal a que se refieren el libro de tazmías, abarca desde 1681 hasta 1836. En Eslava, los parroquianos tributaban al Monasterio de Marcilla. La particularidad de este legajo viene determinada porque los parroquianos de Eslava, a la hora de satisfacer sus tributos, entregan el volumen que corresponde en forma de vino Berués, y el que se corresponde con vino de Mazuela. Esta circunstancia propicia el definir para una larga serie de 155 años, lo tributado en diezmos de vino de Berués, y cuánto de lo entregado es de vino Mazuela.

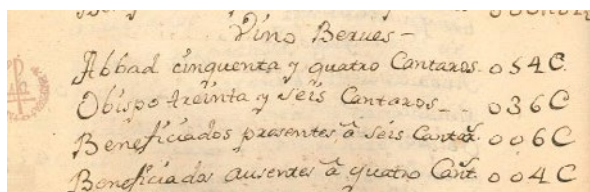
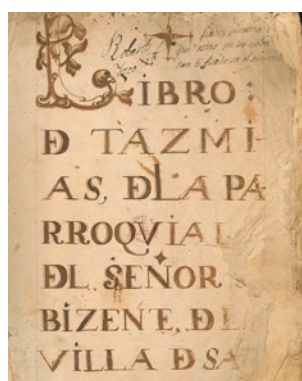


Fig. 2 y 3. Portada y anotaciones de los diezmos. Cuentas y distribución de los diezmos y primicias de Eslava 1681-1836 Caja 1574, n^º3 (ADP)

El análisis cuantitativo de esos datos, permiten estimar que el 64% del total del diezmo entregado era de vino de Mazuela, y el 36% restante de la variedad Berués. Con años pico en los que el porcentaje de Berués llega a suponer en torno al 65% del total.

En la figura 4 se puede ver la distribución de los diezmos y primicias de ese periodo y la diferencia de alturas de las barras entre las dos variedades principales.

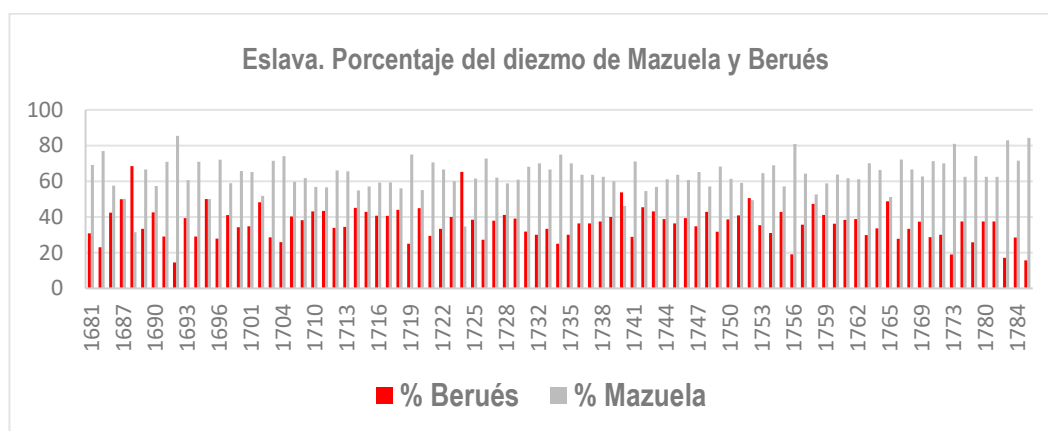


Fig.4. Cuentas y distribución de los diezmos y primicias de Eslava 1681-1836. Caja 1574, n^º3 (ADP)

Otro dato significativo data del año 1760, cuando se produce una denuncia que nos da pistas de la conformación varietal de las haciendas vitícolas de la localidad de Sada. Los frailes del Real Monasterio de Nuestra Señora de la Blanca, de la villa de Marcilla, del cual depende la parroquia de Sada, van a plantear una denuncia ante el tribunal eclesiástico relativa al diezmo que dicha parroquia de Sada debe pagar al convento. En la sentencia se establece que los parroquianos de Sada entregan el diezmo de vino solamente de vino de uva **Mazuela** y de otras variedades inferiores (no mencionan nombre de ninguna otra variedad), y se lo tendría que dar en la parte que le correspondiera en vino de la variedad **Berués** (figura n^º5). Gana el pleito el convento. En esa misma sentencia se dice que la uva **Berués** se adelanta en maduración 20 días, y que el **Berves** da más mosto y por su bondad vale un tercio o una mitad más que la Mazuela.



Textualmente la sentencia dice así: “...cumplan en pagar a la Parroquia de la expresada villa el diezmo que a cada uno le correspondiere de la uva **Bervés** en su misma especie y calidad sin compensarlo ni hacerlo con uva **Mazuela** o de otra calidad inferior y sin fraude ni perjuicio alguno...”

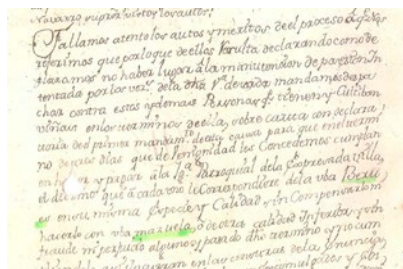


Fig.5. 1760. ADP, Tribunal episcopal, C/1763, nº11. Diezmo de uvas en Sada

El análisis pormenorizado de la serie de anotaciones registradas en el Libro de tazmias desde el momento de la sentencia hasta 1839, nos permite establecer que el volumen de vino que se aporta de la variedad Berués supone de media el 15% del total. El 85% restante va a ser de la variedad Mazuela.

Del rastreo efectuado en los legajos custodiados tanto en el Archivo Real de Navarra como en el Archivo del Arzobispado, nos hablan del cultivo recurrente de viñas de esta vinífera y de los vinos elaborados con ella. En el mapa de la figura nº6 quedan reflejados las localidades en los que a partir de las consultas efectuadas se ha conseguido datar el cultivo de Berués.

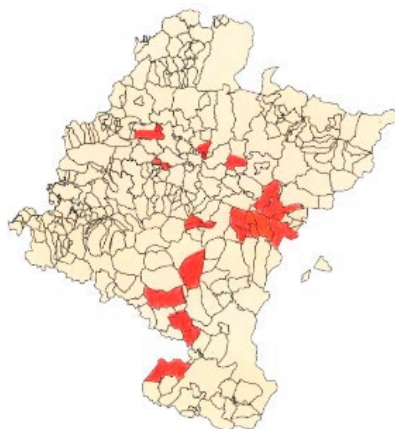


Fig.6. Distribución de la variedad Berués en localidades navarras

2.2 Referencias bibliográficas de Berués

En viticultura, las referencias bibliográficas a esta variedad anteriores al siglo XIX son pocas y no muy concretas. Entre las existentes, cabe destacar el libro de **Joseph Antonio Valcarcel (1791)** titulado “**Agricultura general y gobierno de la casa de campo**”, en el cual en el capítulo dedicado a las especies de uvas en el **Reyno de Navarra** hace la siguiente referencia: «Entre las muchas especies de uvas que aquí se cultivan, las regulares y más singulares para vino son el Berués, Tempranillo, Garnacha, y Mazuela.».



Sobre el Berués, Valcarcel alcanza a describir algunos caracteres morfológicos e indica que con ella se elabora el vino Rancio: *«Cepa de singular dulzura y suavidad, de hollejo muy delicado, su vid se distingue del Tempranillo en lo tierno del sarmiento y suavidad de la hoja, con mayor verdor y lozanía que tiene el Barbés y la corteza de su cepa. El vino de Berués, por sí solo o revuelto con Tempranillo da un vino generoso, del que se hace el vino rancio».*

En el mismo párrafo, el autor categoriza el Tempranillo en comparación con el Berués como una cepa de: *«Casi de la misma calidad que Barbés, solo que el hollejo más resistente... Se sazonan y vendimian Tempranillo y Barbés doce a quince días antes que la Garnacha y Mazuela».*

Esta referencia tan explícita a caracteres varietales tan concretos, así como la ubicación geográfica en exclusiva en nuestro territorio, nos permite deducir que, **a finales del siglo XVIII, en Navarra, el Berués es por sí misma una variedad reconocible y cualitativamente reconocida.**

2.3 Conclusiones a este periodo

- El cultivo de la viña en este periodo (siglos XVII a XVIII), abarcaba prácticamente la totalidad de las actuales comarcas vitícolas navarras desde Corella o Monteagudo en la Ribera, hasta Lumbier, Aoiz o la Cuenca de Pamplona en la parte más septentrional de la Comunidad Foral.
- Mazuela y Berués eran las uvas con mayor significación.
- El porcentaje que suponía la variedad Berués respecto al total variaba en función de la localidad. En Villafranca y en el Valle de Orba conocemos que era mayoritaria. En otras el porcentaje era mayoritariamente de la variedad Mazuela.
- Las uvas de Berués debían ser muy importantes. Sus datos de producción quedaban fielmente recogidos en los libros de cuentas de las haciendas locales y pagaban diezmos o impuestos, algo que no ocurría con otras variedades minoritarias.

En síntesis, en el Reyno de Navarra durante la edad moderna (1600-1800) la Berués era la variedad más apreciada cualitativamente, por encima del resto de variedades cultivadas tintas en ese momento: Mazuela, Garnacha Tinta y Tempranillo.

3. Decadencia de la variedad Berués y sus motivos

¿Por qué motivo esta variedad Berués, tan reconocida en el siglo XVIII por su calidad, desaparece completamente del viñedo navarro dos siglos después?

Como suele ocurrir en las sociedades humanas, no hubo una única razón. Fue la suma de varias circunstancias, que confluyeron en ese tiempo y lugar, las que provocaron primero el retroceso y decadencia de la variedad Berués y finalmente su total desaparición del mapa vitivinícola regional.



3.1 Primer retroceso de la variedad Berués (1790-1850)

Un hecho de especial relevancia en el periplo de la ancestral variedad ocurre a finales del siglo XVIII, cuando se elimina en el Reyno de Navarra la prohibición de plantar viña. A principios del siglo XIX, los precios del vino se elevan y también se incrementa la producción. Este incremento productivo se origina por un crecimiento en la superficie dedicada a viña dentro de las explotaciones agrarias, por la intensificación de la densidad de plantación y por una renovación del viñedo con sustitución gradual de las viníferas menos productivas por las más generosas en cuanto a rendimiento.

A partir de las capitulaciones matrimoniales de 1785 de una familia de agricultores de **Ezprogui**, en las que se inventarían los bienes y ajuares que cada esposo aporta al matrimonio, conocemos con detalle, los campos, viñas, variedades plantadas, capacidad de elaboración de la bodega, existencias de vino, etc., se puede comparar con la situación de esa misma hacienda de agricultores a partir del inventario de bienes datado en 1825.

La comparación entre lo anotado en las capitulaciones matrimoniales **de 1785 y lo descrito en 1825 nos permite dar cuenta de los cambios o modificaciones que se han producido en la hacienda**. En esta familia de agricultores, en 1785 todas las viñas descritas en dicha hacienda son de la variedad **Mazuela** y de la variedad **Berués**. No se menciona ninguna de Garnacha. Cuarenta años después, la foto fija de la misma hacienda refleja un aumento de la dedicación vitícola (Tabla 1). Las viñas han incrementado la superficie dedicada en 18,5 peonadas y se anota un cambio del abanico varietal utilizado. El Berués que antes ocupaba un cuarto de la superficie, reduce su peso significativamente (5%).

Tabla 1. Inventario de bienes de una Hacienda agrícola de Ezprogui (Navarra)

Sada	1785		1825	
Berués	21	25%	5	5%
Mazuela	63	75%	52,5	51%
Garnacha			45	44%
Superficie viña (peonadas)	84		102,5	

La información recogida nos ha permitido conocer que los tipos de vino obtenidos con el Berués eran variados. Se elaboraban desde los frescos y agradables chacolíes de la Cuenca de Pamplona hasta los afamados Vinos Rancios de Navarra, Peralta o Villafranca.

Con la uva de Berués se elaboraban los primeros vinos y los más especiales. Las cargas de vino de Berués cotizaban alto en esa época. De la documentación existente, se deduce que esos vinos tenían un valor superior, eran mejor valorados y salían de las bodegas antes que los de otras variedades.

A finales del siglo dieciocho y primer decenio del diecinueve, se detecta cierta especialización vitícola de las haciendas agrícolas que se plasma en forma de un aumento de la superficie dedicada a viña, y el inicio de una incipiente fase comercializadora de vino ordinario. En estas circunstancias favorables, el hecho de ser productivamente la Mazuela



más generosa va a permitir su prevalencia sobre el resto, si bien este aspecto generó una caída cualitativa de los vinos obtenidos.

3.2. Retroceso definitivo y desaparición de la variedad Berués. Años 1850-1900

Hacia mitad del siglo XIX, parece que en 1850 se advirtieron los primeros focos de una **nueva enfermedad, el oidio**. A partir de 1852, en Navarra, es conocido que las invasiones de “cenicilla” o “plomo” obligaron a arrancar una importante proporción del viñedo existente, constituido por mazuelas, berueses y otras variedades sensibles al oidio, que fueron sustituidas por la Garnacha, cepa mucho más tolerante al hongo. El Berués pasa a tener un papel secundario, cuasi irrelevante.

En algunas de estas publicaciones, algunos de los autores todavía dedican algún párrafo a nuestra vinífera protagonista. En **1871** el prestigioso **José de Hidalgo Tablada** en su publicación “**Tratado del cultivo de la vid en España**” rezumando cierta nostalgia, halaga los afamados vinos rancios que en Navarra se elaboran. La clase de uva que se emplea es la llamada **Berués**. Categoriza las variedades para hacer vinos tintos y propone en primer término la “*Tintilla de la provincia de Sevilla, el Moscatel de los Velez, Berués de Navarra, Tempanillo de Rioja, y Tinta Jancivel*».

Con ocasión de la **Exposición Vinícola Nacional celebrada en Madrid en 1877**, al relacionar las variedades comúnmente utilizadas en Navarra, el Berués se vincula exclusivamente en la elaboración del tipo de vino amanzanillado. Del mismo modo otro de los autores clásicos del momento **Eduardo Abela en 1885 en el “Libro del viticultor”**, en el índice de las variedades inserta de modo residual la existencia de la variedad Berués en Navarra en algunas localidades. En el “**Avance estadístico**” de **1889**, se cita el **Berués**, para vino blanco y tinto en Aoiz, Pamplona y en Tafalla.

Al finalizar la centuria y la vigencia del tratado comercial con Francia, comenzó una crisis productiva brutal, consecuencia del crecimiento vitícola desmedido anterior y la escasez de compradores, que de modo definitivo habían abandonado España. Sobraba vino. Para más inri, la filoxera va a diseminarse por todo Europa sembrando de zozobra y angustia el panorama vitícola. A Navarra llegará en 1892.

La necesaria reestructuración del viñedo requería la introducción de portainjertos que conllevaba altos costes en el cultivo, circunstancia que provocó que algunas comarcas productoras tradicionales abandonaran el cultivo. La producción se desplazó al sur de la región y también se abandonaron algunas de las variedades tradicionales, en favor de otras variedades más resistentes a las plagas y más productivas, propiciando la gradual desaparición de algunas variedades locales, entre ellas la **Berués**.

4. La viticultura moderna: reestructuración del viñedo navarro y pérdida de la variedad Berués (siglo XX)

Ante la crisis de la filoxera y al objeto de superar el nuevo reto, la Diputación de Navarra fue diligente afrontando el problema y contrató en 1896 a D. Nicolás García de los Salmones, posiblemente el experto más prestigioso en la materia en su tiempo.



4-1. Dos posturas divergentes para la reestructuración del viñedo navarro

Respecto a las viníferas a utilizar al abordar este nuevo proceso de reestructuración, **surgen dos posiciones divergentes** de afrontar el tema. Una, sostenida y auspiciada por el propio **D. Nicolás García de los Salmones** y por personajes eminentes en el panorama vitícola del momento, como D. Víctor Cruz Manso de Zúñiga, partidarios de la elaboración de lo que denominan vinos finos de mesa mediante la utilización de variedades complementarias. Así, D. Nicolás, proclama que: *«Los grandes vinos de las regiones en general no nos los da una variedad de vid sola, sino varias combinadas que se completan en sus caracteres. Garnacha, Mazuela, Berués y Tempranillo fueron las cepas principales de Navarra, y podemos decir que en las condiciones de sus terrenos y clima son excelentes en todas sus comarcas de viñedo»*.

Otra visión sobre cómo enfocar el tema de la vinífera a utilizar en las nuevas plantaciones de vid, es la planteada desde la Asociación de Viticultores de Navarra, encabezada por D. Mariano Arrasate y abanderada por el párroco de Olite **D. Victoriano Flamarique**, que lideraba el incipiente movimiento cooperativista. Esta corriente auspiciaba un enfoque más tradicionalista y va a abogar por un esquema en el que los vinos ordinarios básicamente estarán constituidos por Garnacha Tinta y Mazuela. *«De primera formada exclusivamente por uvas conocidas por Garnacha blanca y negra y Mazuela que estén en condiciones normales de madurez y conservación»*.

En este pulso entre las dos corrientes **se impuso la más tradicionalista**, que basaba su empuje en la **Garnacha y en la Mazuela**, y en aras de una uniformidad de producción desestimó la utilización de Berués.

4-2. La visión del experto: Nicolás García de los Salmones

Un hecho va a ser relevante en el periplo y la suerte de la variedad Berués. Corría el mes de **enero de 1904** cuando Don Nicolás García de los Salmones propició una iniciativa que fue adoptada desde el Ministerio de Obras Públicas español en forma de resolución, en beneficio de la reconstitución del viñedo y de la viticultura en Navarra, por la que los gobernadores de las provincias vitícolas enviarían a Navarra los sarmientos de todas las variedades autóctonas de vid de cada comarca para el establecimiento de una **colección nuclear de material vitícola** en una finca ubicada en Olaz-Chipi y en Villava (Navarra).

Este hecho es fundamental en la pervivencia de nuestra protagonista. La colección propiciada por el bueno de Don Nicolás generó la Estación Ampelográfica Central. Esta colección con posterioridad, cuando Nicolás García de los Salmones abandona Navarra en 1917, se replicó en lo que hoy es la finca del Encín, ubicada en Alcalá de Henares en Madrid. Un total de 2700 variedades fueron plantadas en ese reservorio. Entre las recopiladas en Navarra, una de ellas era la **Berués**.

En definitiva, Don Nicolás García de los Salmones, **con la implantación de su reservorio vitícola en la finca del Encín, ha permitido custodiar durante más de cien años la pureza genética de la vinífera Berués**.



Fig.7. Campo de la colección de viníferas en Villava con las cepas en primer plano

Sin duda, la Berués debía ser una de las uvas predilectas de Don Nicolás. En todas las publicaciones en las que se refiere a las variedades cultivadas en Navarra, la menciona. En el año 1904 reclamaba para el Berués el estatus de variedad de la que debe fomentarse su cultivo. Tanto en su publicación de 1909 “**Organización del Servicio Agrícola Provincial**”, como en la de 1912 con ocasión del **Congreso Nacional de Viticultura** celebrado en Pamplona-Villava, Don Nicolás García de los Salmones, recoge la ubicación geográfica exacta del cultivo de Berués. Las amplias comarcas vitícolas como la Zona Media y Ribera de Navarra, en ese momento, han abandonado el cultivo definitivo de esta vinífera. En ese momento solo aparece fijada la referencia geográfica en la Navarra más septentrional, en lugares en los que la viticultura está en franco retroceso. Localidades como Aoiz, Huarte, Echauri, Arriagoiti, Lizoain, Villava, Ezcabarte, Valle de Araquil, etc., Estos lugares van a resultar ser los últimos reservorios del cultivo de **Berués**.

Provincia de Navarra.					
Garnacha común.....	Aoiz	Aoiz	Moscatel	Liédena.....	Aoiz.....
Tempranillo.....	Idem.....	Idem.....	Pascera.....	Murchante.....	Tudela.....
Graciano de Fitero.....	Pamplona.....	Pamplona.....	Cirujal.....	Mendavia.....	Estella.....
Mazuela.....	Arriagoiti.....	Idem.....	Palopas.....		
Bargués.....	Idem.....		Navés.....		
Berués.....			Viuna.....		
Graciano de Haro.....	Arbeiza.....	Estella.....			
Carriñena.....	Wastío de la Solana.....	Idem.....			
Borjases.....	Echauri.....	Pamplona.....			
Navés.....					
Benitillo.....					
Monastrel.....	Monteagudo.....	Tudela.....			
Requena.....	Idem.....	Idem.....			
Miguel Arco.....					
Botón de gato.....					
Jerónimo.....					
Morate.....					
Ribote.....					
Granadina.....					
Rojal.....					
Royal.....					

Fig.8. Congreso Nacional de Viticultura. Viníferas cultivadas en Navarra en 1912

4-3. Últimas referencias de la variedad Berués

El siete de noviembre de **1925**, el mismo Don Nicolás, que en ese momento ocupaba el puesto de Jefe de la Estación Ampelográfica Central en la capital madrileña relataba con cierto tono derrotista en artículo publicado en El progreso Agrícola y Pecuario



lo siguiente: *«Las cooperativas de vinificación no han sido afortunadas en este punto de obtención de mejor vino, y tendiendo al tipo único de vino, han hecho desaparecer esos especiales que cada bodega y cada finca del pueblo ofrecían. Todo esto y la cepa única, Garnacha, que en Navarra se quiere ahora para las nuevas viñas, **con eliminación tan absoluta de otras clases que hubo con ella: Mazuela, Tempranillo, Berués, etc.»***

Por último, es Don Apolinar Azanza Azcona, en su libro **1926 “Nuevas viníferas”** quien nos hace la última mención al cultivo de Berués. Al tratar el capítulo “Diversas viníferas secundarias” nos describe: *«Otras viníferas se cultivan aún en Navarra, bien que en pequeña proporción: El Graciano y su similar Morastel; la Monastel; El Alicante Henry Bouschet o Garnacha tintorera; La Desgranadera o Graciano de Alfaro y por último citaremos el Vidadico, Aramon, Sumoll, Hijarol, Mandó, Bobal, **Berués** y otras varias tintas, cultivadas aquí y allá, que rara vez llegan a formar masas de viñedo»*.

Se trata de la última referencia explícita al cultivo de la que fuera una de las viníferas patrimoniales de Navarra. Es el culmen a la desaparición de una vinífera superada por los avatares históricos y rebasada por las nuevas tendencias vitícolas que se impusieron con el inicio de la pasada centuria.

De su existencia sólo nos queda el testimonio perviviente localizado en la colección de El Encín de Madrid, y los lánguidos resquicios en forma de material vegetal existentes en los terrazgos donde antaño vegetaban verdes viñas. Es, precisamente en estas comarcas en las que la viña es un mero recuerdo de las personas de más edad, en muchos casos en estado asilvestrado, donde se ha encontrado la Berués. Probablemente de las variedades indígenas de Navarra, la más nombrada y retratada en los legajos y bibliografía vitícola consultada.

5. El proyecto “Cepas Singulares de Navarra-VINOS OLD-VIDAOS” rescata la vinífera Berués del olvido (2004-actualidad).

En la actualidad no se cultiva ninguna viña con esta variedad. A partir de los trabajos de recopilación del material antiguo de vid emprendidos en Navarra, promovidos por la Sección de Viticultura y Enología del Gobierno de Navarra, y realizados desde EVENA y la UPNA, ha sido posible rescatar material vitícola de la Berués.

La utilización de meticulosos trabajos de localización del viñedo antiguo, y los testimonios de los viticultores de más edad han permitido localizar los lugares donde estas viñas estuvieron ubicadas y se ha conseguido rescatar el material vegetal de la variedad Berués.



Fig.9. Foto detalle de cepa y racimo de Berués

¿Será el siglo XXI el que reivindique la importancia de la Berués como vinífera de calidad diferenciada? Difícil pronosticarlo. De momento, el proyecto “Cepas Singulares de Navarra-VINOS OLD-VIDAOS”, promovido por el departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente del Gobierno de Navarra, ha conseguido salvar de la extinción esta vinífera patrimonial del olvido en el que se encontraba. EVENA la ha incorporado a la colección de variedades viníferas, en sus fincas de experimentación, y en colaboración de bodegas ubicadas de la Comunidad foral, ha comenzado a testar sus condiciones de cultivo y la calidad de su mosto.

5. Bibliografía

1. Archivo municipal. 1620. **Normas y paramentos municipales de Sada del año 1620**
2. Archivo Diocesano de Pamplona (ADP). 1681-1836. Caja 1574, nº3. **Cuentas y distribución de los diezmos y primicias de Eslava 1681-1836.**
3. Archivo Diocesano de Pamplona ADP, Tribunal episcopal. 1760. C/1763, nº11- **Diezmo de uvas en Sada.**
4. Valcarcel, Joseph Antonio. 1791. **Agricultura general y gobierno de la casa de campo**
5. Abela y Sainz de Andino, Eduardo. 1885. **El libro del viticultor.**
6. Varios autores. 1877. **Estudio sobre la exposición vinícola nacional de 1877.**
7. Varios autores. 1889. **Avance estadístico sobre cultivo y producción de la vid.**
8. García de los Salmones, Nicolás. 1912. **Memoria del congreso nacional de viticultura de Pamplona.**
9. García de los Salmones, Nicolás. 1915. **Apuntes de viticultura y enología.**
10. García de los Salmones, Nicolás. 1909. **Organización del servicio agrícola provincial de la D.F. de Navarra.**
11. Azanza, Apolinar. 1926. **Nuevas viníferas.**

Técnicas para la reducción de daños por sol en racimos en *Vitis vinifera* L. cv. Graciano

Luis Rivacoba, Javier Portu, Sergio Ibáñez

Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (Gobierno de La Rioja, CSIC, Universidad de La Rioja) Finca La Grajera. Ctra. de Burgos, km 6 (LO-20 - salida 13) 26007 Logroño (La Rioja) 941 05 30 94. Irvacoba@larioja.org

Resumen

Los daños por sol son el resultado de una combinación excesiva de radiación fotosintéticamente activa (PAR), de radiación ultravioleta y temperatura que pueden verse incrementados por otros factores de estrés, como el déficit de agua. Los daños por sol son un trastorno fisiológico que afectan a las propiedades visuales y organolépticas de la uva. La aparición de manchas marrones y necróticas afecta gravemente al valor comercial del fruto y, en casos extremos, disminuye significativamente el rendimiento. Este daño se produce con cierta frecuencia en variedades sensibles como el Graciano. Para mitigar este efecto se ha propuesto una técnica de sombreado mediante redes de protección que intentan evitar que los racimos reciban una exposición excesiva al sol. La experiencia mostrada en este trabajo ha sido realizada durante los años 2021 y 2022, utilizando mallas con capacidad de sombreado del 50% y 70%, y en el año 2023 utilizando mallas con capacidad de sombreado del 25% y 50%. Los resultados han demostrado que las redes han reducido significativamente la temperatura del racimo, evitando también daños por sol. En vino, la carga polifenólica ha mostrado un comportamiento variable según la añada, posiblemente condicionado por las variaciones de rendimiento ligadas a los daños por sol.

1. Introducción

Los daños por sol en racimos ocurren como resultado de una combinación de altas intensidades de luz, altas temperaturas y radiación ultravioleta (Rustioni et al., 2014). La incidencia y severidad del daño dependen de una compleja interacción de estos factores junto con la condición bioquímica, fisiológica y morfológica de la baya, todos los cuales son función del estado fenológico, el cultivo y la adaptación a las condiciones meteorológicas. Estos daños representan un defecto grave en las uvas, ya que disminuye fuertemente el valor de mercado del cultivo y provoca pérdidas significativas en la calidad y el rendimiento de las uvas para vinificación. En Australia, los daños por sol afectan entre el 5 y el 15% de la producción total de uvas para vino (Greer et al., 2006), y las observaciones en Chile indican que hasta el 40% de los racimos pueden presentar daños por quemaduras solares en variedades sensibles como la moscatel (Calderón-Orellana et al., 2018). En las regiones vitivinícolas europeas, los síntomas de daños por sol ocurren con menos frecuencia y no necesariamente conducen a una degradación de la calidad del fruto. Sin embargo, los registros históricos muestran una frecuencia cada vez mayor de años con importantes daños por quemaduras solares en las regiones productoras de vino alemanas (Stoll y Schultz, 2020). En Francia, este fenómeno se ha atribuido principalmente a la mayor frecuencia e intensidad de las olas de calor, en particular las experimentadas en 1994, 1998, 2003, 2015 y, más



recientemente, en 2019 (INRA, 2003). En Champagne, se perdió entre un 5% y un 15% del rendimiento entre los años 1994 y 1998 debido a los daños por sol (Mohr y Düring, 2000).

Dado el aumento previsto de la temperatura, la mayor frecuencia e intensidad de las olas de calor y el fenómeno del calentamiento global (Wild, 2016), los daños causados por daños por sol a las uvas aumentarán inevitablemente en las próximas décadas. Esto insta a una mejor comprensión y clasificación de este fenómeno, así como a la reconsideración del manejo de la vegetación y los sistemas de espaldera, la orientación de las hileras y otras medidas preventivas.

En el presente trabajo, se ha buscado analizar el efecto de redes de sombreado para mitigar el impacto de las altas temperaturas sobre la vid y, concretamente, en la variedad Graciano, caracterizando asimismo la incidencia en el rendimiento, en la composición de la uva y del vino y en las características organolépticas de éste.

2. Material y Métodos

El trabajo se ha desarrollado en un viñedo localizado en Cenicero (La Rioja), propiedad de Bodegas La Rioja Alta, plantado en 2016 con la variedad Graciano sobre el portainjerto SO4 y conducido en doble cordón Royat con un marco de plantación de 2,60 x 1,20 m. Las líneas de espaldera se disponen en una orientación norte-sur, con desviación de -35°.

El ensayo se ha llevado a cabo durante las campañas 2021, 2022 y 2023. En la primera de ellas, se establecieron tres tratamientos: T- testigo; M50 - malla de sombreado del 50% y M70 - malla de sombreado del 70%. En 2022, se decidió ampliar la experiencia con dos tratamientos más, MP50 y MP70, en los que la colocación de la malla fue parcial en el tiempo, retirándose dos semanas antes de la fecha de vendimia, con el objeto de observar si, de este modo, se podía mejorar la maduración fenólica de la uva, manteniendo la protección durante la época de maduración. En el año 2023 se establecieron dos tratamientos de malla, M25 y M50 (con 25% y 50% de sombreado respectivamente) ya que no se observaron en los años anteriores diferencias entre tipos de malla. Además, se estableció un tratamiento de deshojado precoz (DP) con el objeto de observar si el efecto de este deshojado era capaz de desarrollar pámpanos secundarios que simulasen el efecto de la malla de sombreado sobre los racimos, también se estableció un tratamiento testigo. Los datos de las campañas 2021 y 2022 (Ibáñez y Rivacoba, 2023) se omiten en este artículo, ya que fueron presentados en la 35ª Reunión del Grupo de Trabajo de Experimentación en Viticultura y Enología. En todos los tratamientos con malla, ésta fue fabricada en polietileno de alta densidad, con protección contra la radiación ultravioleta, y con un metro de altura, colocándose en la cara oeste de la espaldera, tras el cuajado de la vid, protegiendo principalmente la zona de racimos expuesta al sol de la tarde.

Los tratamientos se plantearon con tres repeticiones y treinta cepas por repetición. La influencia de la red de sombreado sobre la temperatura del racimo se ha evaluado a través de mediciones con una cámara termográfica (Testo 885). Esta cámara ofrece una imagen térmica de los objetos que visualiza en función de las emisiones de radiación infrarroja de estos, donde cada pixel proporciona un dato de temperatura, obteniéndose la temperatura de toda la superficie del racimo fotografiada y no solo de un punto concreto. Se consideraron tres momentos para analizar la temperatura de los racimos de los distintos tratamientos, todos ellos entre los estados fenológicos de envero y maduración: los días 25 de julio, 10 de agosto y 28 de septiembre. La



primera medida en cada fecha de muestreo se realizó a las 12:30h, sin que el sol incidiera aún en la cara oeste de la espaldera, mientras que la segunda se llevó a cabo a las 17:30h, para analizar el efecto térmico en dicha cara al recibir la luz solar. Los datos medios de temperatura del racimo se obtuvieron a partir de cinco imágenes por tratamiento, repetición y hora y día de medición.

En el momento de vendimia, para cada tratamiento y repetición, se evaluaron los siguientes componentes de la producción: el rendimiento unitario (kg/cepa), el número de racimos por cepa, el peso medio del racimo (g) y el peso de 100 bayas (g). Asimismo, se recogieron muestras de bayas con objeto de analizar los parámetros que intervienen en la acidez del mosto: pH, ácido málico (g/l), ácido tartárico (g/l) y potasio (mg/l). También en la cosecha, se efectuó una estimación de los daños producidos en racimos por el efecto del golpe de sol. Para ello, se realizó una valoración visual e individual de todos los racimos recolectados (cerca de 300 por tratamiento y repetición) en función del porcentaje aproximado de bayas afectadas en el total de cada racimo, obteniendo información de la cantidad de racimos afectados y de la intensidad de ese daño en el conjunto del racimo.

Todos los tratamientos se vendimiaron de forma separada, realizando después la microvinificación de los mismos en depósitos de 100 litros, aplicando una elaboración tradicional para vinos tintos en la que la uva fue despallada, estrujada y sulfitada, inoculando tras ello levaduras secas activas para lograr una fermentación alcohólica homogénea y eficaz.

Posteriormente, se realizó una siembra de bacterias seleccionadas para inducir la fermentación maloláctica. Una vez finalizada esta fermentación, y tras estabilizar en frío y sulfitar el vino, se procedió a analizar los vinos resultantes, determinando grado alcohólico (%vol), contenido en antocianos (mg/l) e índice de polifenoles totales (IPT 280 nm). Los vinos fueron sometidos a un análisis organoléptico por parte de un panel de seis catadores expertos.

El análisis estadístico de los datos resultantes se ha efectuado con el programa IBM SPSS, versión 29. 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 o grado de significación (g.s.). Así, *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$ y n.s.: no significativo. 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.

3. Resultados

Analizando las temperaturas de los racimos de los distintos tratamientos en la campaña 2023, se puede observar que han disminuido de forma significativa, en todas las fechas y franjas horarias estudiadas, por el efecto protector de las redes de sombreado (Tabla 1). Incluso en momentos en que los racimos no reciben directamente la radiación, como las medidas tomadas a las 12:30 h, la red ha conseguido reducir la temperatura con respecto al testigo, reflejando de este modo la acción continuada de la radiación solar sobre los racimos que ofrecen una mayor exposición, como es el caso de los racimos del tratamiento testigo. Por su parte, en las medidas centradas en las 17:30, las diferencias han sido mucho más acusadas, llegándose a reducir la temperatura, con respecto a los racimos testigo, en más de 3 °C con la malla. Las diferencias entre los dos tipos de mallas no han sido significativas. Estos resultados son coincidentes con los obtenidos en las dos campañas anteriores (Ibáñez y Rivacoba, 2023).



Tabla 1. Temperatura media del racimo (°C)

Día	25-jul		10-ago		28-sep	
	12:30	17:30	12:30	17:30	12:30	17:30
T	24,05 b	25,47 b	29,51 b	33,30 b	22,47 b	27,17 b
M50	23,5 a	24,72 a	26,57 a	30,33 a	20,21 a	25,71 a
M25	23,48 a	24,92 a	27,17 a	30,56 a	20,66 a	25,20 a
DP	23,95 b	25,24 b	29,52 b	33,55 b	22,21 b	27,55 b
g.s.	**	***	***	***	**	***

La estimación de los daños en racimos por golpe de sol ha ofrecido, al igual que en las campañas 2021 y 2022, resultados muy relevantes (Tabla 2). Así, los tratamientos con malla han sido los que menor porcentaje de racimos dañados por sol han presentado. Siendo en los tratamientos testigo y de deshojado precoz en los que mayor porcentaje de daños por sol se ha observado. Esta tendencia se repite en el porcentaje de daño total del racimo, mostrándose los tratamientos con malla más efectivos a la hora de reducir este porcentaje de daño, siendo éste prácticamente inexistente.

Tabla 2. Daño en racimo por golpe de sol

	Racimos dañados por golpe de sol (%)	Daño total del racimo (%)
T	9,26 ab	1,19 ab
M50	3,45 a	0,30 a
M25	4,32 a	0,45 a
DP	12,91 b	1,78 b
g.s.	*	*

Considerando los valores obtenidos en los parámetros productivos del ensayo (Tabla 3), no hemos encontrado diferencias significativas en cuanto a los diferentes componentes de la producción. Siendo el tratamiento de malla con 50% de sombreado el que mayor número de racimos por cepa y mayor cantidad de kg de uva por cepa ha presentado.

Tabla 3. Componentes de la producción

	Nº racimos/cepa	kg/cepa	Peso racimo (g)	Peso 100 bayas (g)
T	13,75	3,47	252,75	169,53
M50	15,39	3,80	246,05	166,20
M25	13,65	3,42	250,37	163,40
DP	14,71	3,38	228,82	166,20
g.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

La acidez real del mosto, en términos de pH, no se ha visto alterada significativamente por efecto de la malla de sombreado. Este mismo comportamiento se ha observado para el resto de parámetros de la acidez del mosto, no hemos encontrado diferencias significativas ni en ácido málico, ni en ácido tartárico ni en potasio.



Tabla 4. Parámetros de acidez del mosto

	pH	Ácido Tartárico (g/l)	Ácido Málico (g/l)	Potasio (mg/l)
T	3,55	7,40	0,92	1639,24
M50	3,54	7,57	0,99	1650,50
M25	3,52	7,49	0,85	1509,92
DP	3,52	7,35	0,84	1568,89
g.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

En lo relativo a los parámetros de calidad del vino analizados, que se han considerado que podrían tener cierta relevancia en los tratamientos de este ensayo (Tabla 5), el grado alcohólico no mostró diferencias significativas. Por su parte, la carga polifenólica del vino tampoco ha manifestado variaciones significativas. Igualmente, el IPT tampoco ha permitido discriminar con claridad los tratamientos. En consecuencia, y aunque la malla haya podido ejercer un impacto protector sobre la uva ante la degradación de antocianos por altas temperaturas, los valores obtenidos en la siguiente añada no permiten garantizar esta consideración.

Tabla 5. Parámetros de calidad del vino

	Grado alcohólico (%vol)	IPT 280nm	Antocianos (mg/l)
T	13,47	65,95	1090,70
M50	13,32	62,54	1018,87
M25	13,25	63,32	1027,47
DP	13,18	67,74	1076,33
g.s.	n.s.	n.s.	n.s.

4. Conclusiones

La experiencia de sombreado de racimos ha permitido comprobar, sobre todo, el papel protector de las mallas empleadas y su capacidad para disminuir notablemente la temperatura de racimo en la etapa estival. Asimismo, en campañas extremadamente calurosas, que resultan cada vez más frecuentes debido al cambio climático, los daños por golpe de sol sobre la variedad Graciano se han visto minimizados, de forma altamente significativa, gracias a estas mallas. A pesar de que los resultados de los parámetros de calidad del mosto y del vino no han sido demasiado categóricos, y sería preciso ampliar los datos obtenidos con algún año adicional de experiencias, el análisis organoléptico ha permitido diferenciar, claramente, el tratamiento testigo de los tratamientos protegidos con red, siendo mejor valorados los vinos procedentes de estos últimos. Por esta razón, sería interesante abordar, en próximos trabajos, estudios de composición fenólica detallados, que pudieran aportar información más precisa de cómo actúa la malla y a qué compuestos exactamente afecta y en qué medida.



5. Bibliografía

1. IBÁÑEZ, S., RIVACOBA, L., 2023. **Acciones protectoras vitícolas frente al incremento de temperatura asociado al cambio climático. Técnicas de sombreado de racimos.** 35ª Reunión del Grupo de Trabajo de Experimentación en Viticultura y Enología. *En prensa.*
2. INRA, 2003. **Impacts de la canicule 2003 sur la vigne et le vin.** Available at: <https://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/recherche-impacts-canicule-2003-vigne-vin-3418/>
3. CALDERÓN-ORELLANA, A., SERRA STEPKE, I., PUENTES, P. 2018. **Golpe de sol en uva para vino en el valle de Itata: más de lo esperado.** Boletín Vinos del Sur, 2, 3-4.
4. GREER, D.H., ROGIERS S.Y., STEEL C.C., 2006. **Susceptibility of Chardonnay grapes to sunburn.** *Vitis* 45(3): 147-148.
5. MOHR, H. D., AND DÜRING, H., 2000. **“Sonnenbrand bei Weinreben - eine Nachlese” in Deutsches Weinbau-Jahrbuch.** eds. W. Madel and G. Schruft (Waldkirch: Waldkircher Verlag), 95–102.
6. RUSTIONI L, ROCCHI L, GUFFANTI E, COLA G, FAILLA O. 2014. **Characterization of grape (*Vitis vinifera* L.) berry sunburn symptoms by reflectance.** *Journal of agricultural and food chemistry*, 62(14): 3043-3046. doi:10.1021/jf405772f.
7. WILD, M., 2016. **Decadal changes in radiative fluxes at land and ocean surfaces and their relevance for global warming.** *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Change* 7, 91–107. doi: 10.1002/wcc.372.
8. STOLL, M., SCHULTZ, H. R., 2020. **Deutsches Weinbau Jahrbuch.** Stuttgart, Germany: Ulmer Verlag.

6. 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).

El protocolo para el examen de distinción, homogeneidad y estabilidad de variedades de vid.

Ramón Martínez García

Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Medioambiental (IMIDA)
C/ Mayor s/n, 30150 La Alberca (Murcia)
Teléfono: 968 101149
ramon.martinez8@carm.es

1. Introducción.

Para la inscripción de una nueva variedad de vid en el Registro de Variedades Comerciales y/o Protegidas, es necesaria la realización del conocido como "Examen DHE", de distinción, homogeneidad y estabilidad.

Este examen DHE, se realiza según un protocolo de estudio. Los caracteres a observar durante la realización del examen son establecidos por la SG de Medios de Producción Agrícolas y Oficina Española de Variedades Vegetales, en función del estado de la técnica y los dictámenes o recomendaciones de los Comités de expertos de los Organismos Internacionales de los que España es miembro, teniendo en cuenta las Comisiones Nacionales de Estimación de Variedades y las Directivas de la Unión Europea.

En el caso de la vid, y según se indica en el Anexo VIII del Real Decreto 170/2011, el protocolo técnico utilizado para la realización del "Examen DHE" es el protocolo de la Oficina Comunitaria de Variedades Vegetales, documento **CPVO-TP/050/2** de fecha 01/04/2009, disponible en <https://cpvo.europa.eu>.

2. El examen DHE.

Este examen tiene como finalidad:

- a) Comprobar que la variedad candidata pertenece al taxón botánico descrito.
- b) Determinar que la variedad candidata es distinta, homogénea y estable.
- c) Establecer una descripción oficial de la variedad.

2.1 Distinción.

Una variedad será considerada distinta si es posible **diferenciarla claramente** por la expresión de las características resultantes de un genotipo en particular o de una combinación de genotipos, de cualquier otra variedad cuya existencia, en la fecha de presentación de la solicitud, sea notoriamente conocida.

En particular, se considerará que una variedad es notoriamente conocida, a partir de la fecha en que se haya presentado en cualquier país una solicitud:



a) Bien de concesión de un derecho de obtentor, siempre que conduzca a la consecución de la protección solicitada.

b) Bien de inscripción de la variedad en un registro oficial, siempre que resulte finalmente inscrita.

La notoriedad de la existencia de otra variedad podrá desprenderse también de la explotación de la variedad ya en curso, presencia de la misma en una colección de referencia o de cualquier otro medio de prueba.

2.2 Homogeneidad.

Una variedad se considerará homogénea, si es suficientemente uniforme en sus caracteres específicos, a reserva de la variación previsible habida cuenta de las particularidades de su reproducción sexuada o de su multiplicación vegetativa.

2.3 Estabilidad.

Una variedad se considera estable, si sus caracteres específicos se mantienen inalterados después de reproducciones o multiplicaciones sucesivas o, en caso de un ciclo particular de reproducciones o de multiplicaciones, al final de cada ciclo.

3. El documento CPVO-TP/050/2.

El protocolo utilizado para la realización del examen DHE de vid, es el documento CPVO-TP/050/2, basado en los documentos UPOV TG/1/3 y TG/50/9, y el mismo se encuentra dividido en los siguientes apartados:

- I. Objetivo del protocolo.
 - II. Condiciones para la entrega del material vegetal a examinar.
 - III. Conducción del Examen DHE.
 1. Colección de referencia a utilizar.
 2. Material a ser examinado.
 3. Caracteres a ser observados.
 4. Caracteres de agrupamiento.
 5. Diseño del ensayo y condiciones de cultivo.
 6. Ensayos especiales.
 7. Criterios de decisión para la Distinción, Homogeneidad y Estabilidad.
 - IV. Informe de resultados.
 - V. Comunicación con el solicitante.
- Anexo I. Tabla de caracteres utilizados.
Anexo II. Cuestionario Técnico.



4. Los caracteres utilizados para la realización del examen DHE.

Dentro del Anexo I del protocolo de estudio, figuran los caracteres a estudiar, un total de 44. Se deberán observar todos los caracteres, siempre que la observación de un carácter no se convierta en imposible, o la expresión de una característica esté impedida por las condiciones ambientales bajo las cuales se realiza la prueba. La observación de cada carácter será realizada en el estado desarrollo indicado, según la codificación BBCH.

Otras características de la tabla de caracteres son que para cada carácter y nivel de expresión nos indica una nota y una variedad ejemplo. También nos señala el tipo de expresión de cada carácter, pudiendo ser cualitativo, cuantitativo o pseudocualitativo. Igualmente, nos indica el método recomendado para observar los caracteres, pudiendo realizarse en forma de visión general (VG) o medición general (MG).

Por último, para algunos caracteres se nos amplía la información sobre cómo realizar las observaciones y también nos ilustra con dibujos y viñetas.

En siguiente imagen, se indican algunas varias de las partes más importantes de la tabla de caracteres.

ANNEX I
TABLE OF CHARACTERISTICS TO BE USED IN DUS-TEST AND PREPARATION OF DESCRIPTIONS

CPVD N°	UPOV N°	Stage, method	Characteristics	Examples	Note
1.	1.	07-09	Time of bud burst		
	(*)	0-301	very early	Nero	1
	(+)	I-7.1.1	early	Chardonnay	3
	QN	MG	medium	Cabernet Sauvignon	5
			late	Mourvèdre	7
			very late	Airen	9
2.	2.	53-69	Young shoot: openness of tip		
	(*)	0-001	closed	Riparia Glorie de Montpellier	1
	(+)	I-6.1.1	slightly open	3309 Couderc	2
	QN	QN	half open	Kober 5 BB	3
	G		wide open	Cina	4
			fully open	Pinot noir, Riesling	5
3.	3.	53-69	Young shoot: prostrate hairs on tip		
	(*)	0-004	absent or very sparse	3309 Couderc	1
	(+)	I-6.1.3	sparse	Chasselas blanc	3
	QN	QN	medium	Pinot noir	5
			dense	Lipovina	7
			very dense	Meunier	9
4.	4.	53-69	Young shoot: anthocyanin coloration of prostrate hairs on tip		
	(*)	0-003	absent or very weak	Furmint	1
	(+)	I-6.1.2	weak	Riesling	3
	QN	QN	medium	Barbera	5
			strong	Cabernet Sauvignon	7
			very strong	Cina	9

Annotations:

- Número Carácter:** 1.
- Tipo de expresión:** (+), QN, -QN: Cuantitativo, -QL: Cualitativo, -PQ: Pseudocualitativo
- Momento de observación según codificación BBCH:** 53-69
- Nombre carácter:** Time of bud burst
- Definición niveles de expresión:** closed, slightly open, half open, wide open, fully open
- Variedades ejemplos:** 3309 Couderc, Chasselas blanc, Pinot noir, Lipovina, Meunier
- Nota asignada a cada nivel de expresión:** 1, 3, 5, 7, 9

Fig. 1. Tabla de caracteres con indicación de las partes que la componen.
4. Tipos de expresión de los caracteres.

4.1 Caracteres cualitativos:

Los “caracteres cualitativos” son los que se expresan en niveles discontinuos, por ejemplo, en el caso de la vid, el tipo de flor: *estambres completamente desarrollados y gineceo ausente* (1), *estambres completamente desarrollados y gineceo reducido* (2), *estambres y gineceo completamente desarrollados* (3), *estambres reflejos y gineceo completamente desarrollados* (4). Estos niveles de expresión se explican por sí mismos y tienen un significado independiente. Todos los niveles son necesarios para describir la gama completa del carácter, mientras que toda forma de expresión puede describirse mediante un único nivel. El orden de los niveles no es importante. Y por regla general, los caracteres no son influenciados por el medio ambiente.

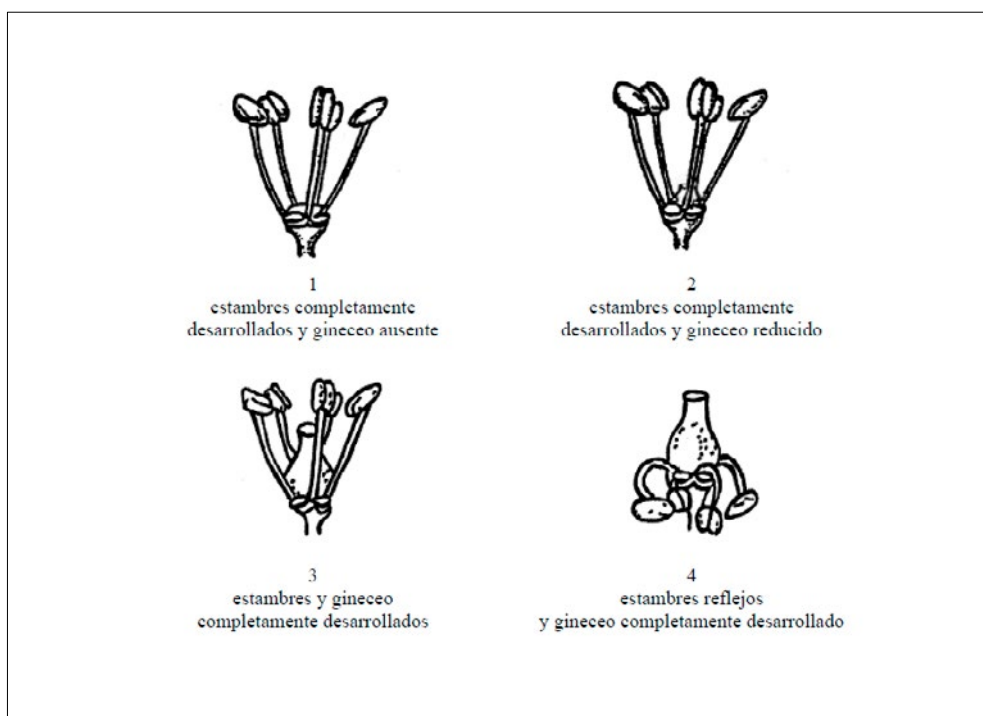


Fig. 2. Carácter 16. Flor: órganos sexuales (ejemplo carácter cualitativo)

En los caracteres cualitativos la diferencia entre dos variedades podrá considerarse clara si uno o más caracteres tienen expresiones que corresponden **a dos niveles distintos**. No se considerará que las variedades son distintas en relación con un carácter cualitativo en caso de que tengan el mismo nivel de expresión.

4.2 Caracteres cuantitativos:

En los “caracteres cuantitativos”, la expresión abarca toda la gama de variaciones, de un extremo a otro. La expresión puede inscribirse en una escala unidimensional lineal. La gama de expresión se divide en varios niveles de expresión a los fines de la descripción,



por ejemplo, en caso de la vid, tamaño del racimo: *muy corto* (1), *corto* (3), *medio* (5), *largo* (7), *muy largo* (9). La división tiene por fin proporcionar, en la medida en que resulta práctico, una distribución equilibrada a lo largo del nivel. Sin embargo, en los caracteres cuantitativos, es posible, y se deben indicar si son observados o medidos, los valores existentes entre los anteriormente indicados, de tal forma, que podemos considerar la escala completa como sigue: *muy corto* (1), *muy corto a corto* (2), *corto* (3), *corto a medio* (4), *medio* (5), *medio a largo* (6), *largo* (7), *largo a muy largo* (8), *muy largo* (9). La división tiene por fin proporcionar, en la medida en que resulta práctico, una distribución equilibrada a lo largo del nivel.

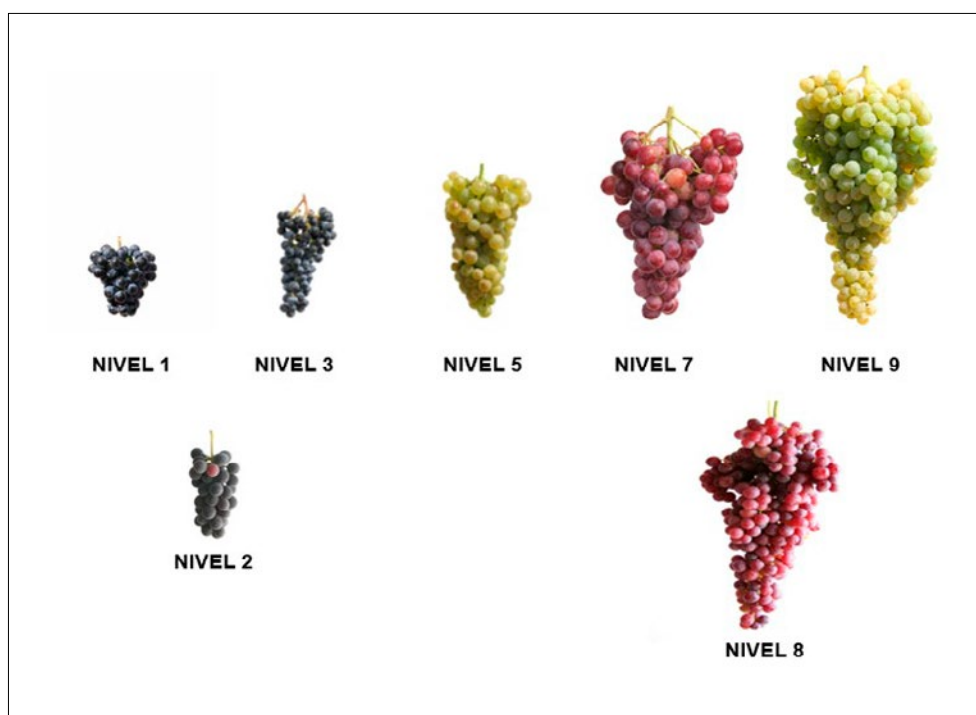


Fig. 3. Carácter 32. Racimo: tamaño (ejemplo carácter cuantitativo)

En cuanto a los caracteres cuantitativos, una diferencia de **dos notas** representa a menudo una diferencia clara entre dos variedades, pero no constituye una norma absoluta para la evaluación de la distinción. En función de factores tales como el lugar de examen, el año, la variación medioambiental o la gama de la expresión en la colección de la variedad, una diferencia clara puede consistir en más o menos de dos notas.

4.3 Caracteres pseudocualitativos:

En el caso de los “caracteres pseudocualitativos”, la gama de expresión es, al menos parcialmente continua, pero varía en más de una dimensión, por ejemplo, la forma de la baya: *globosa achatada* (1), *globosa* (2), *elipsoide ancha* (3), *elipsoide estrecha* (4), etc, y no puede describirse adecuadamente definiendo únicamente los extremos de una gama lineal como en los caracteres cuantitativos.



Cada nivel de expresión individual tiene que ser determinado para describir adecuadamente la gama del carácter, de manera similar a como se realiza en los caracteres cualitativos (discontinuos), de ahí el uso del término “pseudocualitativo”.

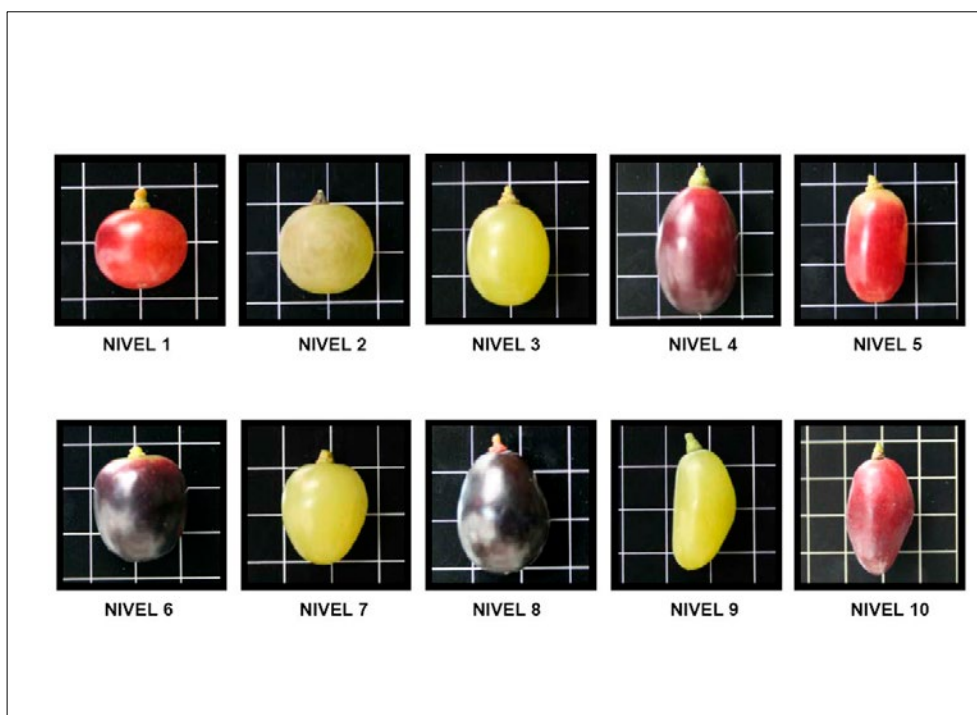


Fig. 4. Carácter 36. Baya: forma (ejemplo carácter pseudocualitativo)

En los caracteres pseudocualitativos, la diferencia entre dos variedades de **un nivel diferente, no es necesariamente suficiente** para establecer la distinción entre dos variedades de una forma clara. De tal forma que se tendrá que estudiar caso por caso para considerar cuando dos variedades se diferencian de forma clara en un carácter pseudocualitativo.

5. Método de observación.

El método recomendado para observar los caracteres a los fines del examen de la distinción se indica en la segunda columna de la tabla de caracteres mediante la siguiente clave:

MG: medición única de un grupo de varias plantas o partes de plantas.

VG: evaluación visual mediante una única observación de un grupo de varias plantas o partes de plantas.

5.1 Tipo de observación: visual (V) o medición (M)

La observación “visual” (V) es una observación basada en la opinión del experto. Por observación “visual” se entiende las observaciones sensoriales de los expertos y, por lo tanto, también incluye el olfato, el gusto y el tacto. La observación visual comprende además las



observaciones en las que el experto utiliza referencias (por ejemplo, diagramas, variedades ejemplo, comparación por pares) o gráficos no lineales (por ejemplo, cartas de colores).

La medición (M) es una observación objetiva que se realiza frente a una escala lineal calibrada, por ejemplo, utilizando una regla, una báscula, un colorímetro, fechas, recuentos, etc.

5.2 Tipo de registro(s): un grupo de plantas (G) o plantas individuales (S)

A los fines de la distinción, las observaciones pueden registrarse mediante una observación global de un grupo de plantas o partes de plantas (G) o mediante observaciones de varias plantas o partes de plantas individuales (S).

En el caso del protocolo de la vid, para todos los caracteres se indica que la observación se realice de forma global de un grupo de plantas o partes de plantas (G).

En la mayoría de los casos, la observación del tipo “G” proporciona un único registro por variedad y no es necesario aplicar métodos estadísticos en un análisis planta por planta para la evaluación de la distinción.

6. Bibliografía

1. Ley 3/2000, de 7 de enero, de régimen jurídico de la protección de las obtenciones vegetales.
2. Ley 30/2006, de 26 de julio, de semillas y plantas de vivero y de recursos fitogenéticos.
3. Real Decreto 170/2011, de 11 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento general del registro de variedades comerciales y se modifica el Reglamento general técnico de control y certificación de semillas y plantas de vivero.
4. <https://cpvo.europa.eu/>
5. <https://www.upov.int/>
6. <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/medios-de-produccion/semillas-y-plantas-de-vivero/>

Branco lexítimo en la D.O. Ribeira Sacra. Minoritaria y Protagonista.

Rubén Pérez-Añón¹, María Fandiño², Marta Rodríguez-Febreiro², Javier José Cancela^{2,4}, Mar Vilanova^{3,4*}

¹Adega Ponte da Boga. Castro Caldelas, Ourense.

²GI-1716. Proxectos e Planificación. Universidade de Santiago de Compostela. Campus de Lugo, Lugo.

³Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino-ICVV (CSIC, UR, GR) Finca La Grajera, Logroño, La Rioja, España.

⁴CropQuality: Crop stress and their effects on Quality (USC), Unidad Asociada al CSIC-ICVV.

*Autor para correspondencia: mar.vilanova@csic.es

Resumen

La variedad Branco lexítimo es una variedad blanca minoritaria de cultivo tradicional en Galicia. Hoy esta variedad blanca cuenta, en Galicia, con 18 ha de superficie cultivada. Los primeros estudios sobre esta variedad se sitúan en Betanzos (I.G.P. Betanzos), zona tradicional de su cultivo, y la definen como una variedad muy aromática caracterizada por altos contenidos en terpenos y C13-norisoprenoides responsables de su aroma floral y frutal. Más tarde, se han realizado trabajos de caracterización en la D.O. Rías Baixas y más recientemente en la D.O. Ribeira Sacra. La variedad Branco lexítimo fue incluida en la lista de variedades comerciales en el año 2011 y en el año 2018 se incluyó como variedad preferente en el reglamento de la D.O. Ribeira Sacra. En el año 2020 sale al mercado el primer vino elaborado con la variedad Branco lexítimo con D.O. Ribeira Sacra. En este trabajo se evaluar la calidad aromática de la variedad Branco lexítimo en las condiciones climáticas de la Ribeira Sacra.

1. Introducción

La diversidad genética de la vid es una herramienta fundamental para afrontar los retos de la viticultura actual como son el cambio climático, la producción sostenible y la homogenización varietal. Por este motivo, en los últimos años se ha despertado un gran interés por recuperar variedades de cultivo tradicional, conservadas en colecciones o cultivados de forma aislada, en muchos casos en peligro de extinción ya que fueron abandonadas por ser poco productivas y que hoy podrían dar productos de calidad si se realiza el emplazamiento correcto.

El caso de Galicia es muy particular ya que todas las variedades son minoritarias en mayor o menor medida. En Galicia, según los datos del Registro Vitícola de Galicia, la superficie plantada dentro de las zonas de producción de los vinos con D.O.P. es, en la actualidad, de 8.523 ha, mientras que para I.G.P. es de 33 ha, sumando entre ambas figuras de protección 8556 ha. De todas ellas Albariño es la más cultivada con 6.011 ha.

Una de las variedades minoritarias cultivadas en Galicia es la variedad Branco lexítimo que cuenta en la actualidad con 18 ha. Los primeros estudios sobre esta variedad se sitúan en Betanzos (I.G.P. Betanzos), zona tradicional de su cultivo, y la definen como una variedad muy aromática caracterizada por altos contenidos en terpenos y C13-norisoprenoides responsables de su aroma floral y frutal (Vilanova et al., 2009; 2012). Más tarde se han realizado trabajos de caracterización en la D.O. Rías Baixas (Vilanova et al., 2013) y más recientemente en la D.O. Ribeira Sacra (Perez-Añón, 2022).

La variedad Branco lexítimo fue incluida en la lista de variedades comerciales en el año 2011. Posteriormente, en el año 2018 se incluye como variedad preferente en el reglamento de la D.O. Ribeira Sacra.

El proyecto CDTI (IDI-20180562, 2018), desarrollado por la bodega Ponte da Boga (D.O. Ribeira Sacra) en colaboración con la Universidad de Santiago de Compostela y con el CSIC,



contribuyeron a la puesta en el mercado, en el año 2020, del primer vino elaborado con la variedad Branco lexítimo con D.O. (D.O. Ribeira Sacra).

En este trabajo mostramos parte de los resultados del proyecto CDTI desarrollado por la bodega Ponte da Boga (2018-2020) en colaboración con la USC y CSIC.

2. Material y Métodos

2.1. Zona de cultivo y condiciones climáticas.

El estudio se realizó en un viñedo comercial perteneciente a la bodega Ponte da Boga situado en O Saviñao (Lugo), subzona Ribeiras do Miño dentro de la D.O. Ribeira Sacra.

Durante los años 2018-2020 se caracterizó el clima mediante el cálculo de índices bioclimáticos. A partir de la estación de San Fiz (MeteoGalicia) (42° 36' 52,01'' N; 7° 43' 5,56'' O), situado a 5 km de la zona de estudio, se han calculado los siguientes índices bioclimáticos: índice heliotérmico de Huglin (HI), índice de sequía (DI) e índice de frescor nocturno (CI). A partir de ellos se estableció el clima de la zona en los diferentes años según Tonietto y Carbonneau (2004).

Además, se ha calculado el índice de Winkler-Amerine (Amerine y Winkler, 1944) y la integral térmica activa para cada uno de los años de estudio (Tabla 1).

2.2. Análisis de parámetros químicos de los mostos.

Durante los años 2018-2020, en fecha de vendimia se recogieron muestras de uva por triplicado para su análisis químico y de composición volátil de los mostos.

Los mostos se analizaron para los parámetros físico-químicos clásicos (azúcares, Brix, pH, acidez total, ácido tartárico, ácido málico, ácido cítrico, IPT, YAN, FAN y N amoniacal) siguiendo los métodos propuestos por la OIV.

2.3. Análisis de compuestos volátiles.

La extracción de compuestos volátiles de los mostos y vinos se realizó mediante extracción en fase sólida (SPE) (Vilanova et al 2019) y extracción Líquido-Líquido (Coelho et al 2020), respectivamente. La identificación y cuantificación se realizó por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) siguiendo la metodología propuesta por Vilanova et al. (2019).

2.4. Análisis de datos.

El tratamiento de datos obtenidos de análisis químicos y de compuestos volátiles se realizó con el paquete estadístico XLSTAT (Adinsoft, Paris).

3. Resultados

3.1. Condiciones climáticas

Durante las tres campañas vitícolas, se ha observado una alta variabilidad climática importante (Tabla 1). Se observa una tendencia a la reducción de las precipitaciones en los meses de abril a septiembre en el año 2020, frente a los valores medios del período 2008-2022. El valor



del índice de Huglin superó el umbral en 2020, lo que supone que se trata de una zona templada-cálida según la clasificación de Tonietto y Carbonneau (2004). En general, la zona de estudio se caracteriza por noches frías, entre 12 y 14 °C. Destaca el valor del índice de frescor nocturno de 14 °C, en 2018. Los valores del índice de aridez, indican que se trata de una zona moderadamente seca en los años 2019 y 2020 asociado a precipitaciones inferiores a 300 mm, en el período abril a septiembre

Tabla 1. Índices bioclimáticos, evapotranspiración de referencia (ET_o), y precipitación durante campañas de estudio, y promedio histórico (2008-2020)

Parametros climáticos	2018	2019	2020	2008-2022
Índice Huglin	1965,7	1832	2039,5	1904,3
Índice Winkler	1454,5	1338,7	1459,1	1387,8
Integral Térmica	3398,2	3421,5	3703,5	3470,8
Índice frescor Nocturno	14	12,38	12,63	12,39
Índice de Aridez	69,4	23,9	-2,1	19,7
ET _o	968,4	1006,1	1021	1007
Precipitación Abril/Sep (mm)	343,6	274	243,1	271,1
Precipitación Oct/Sep (mm)	1106,8	858,2	976,9	-

3.2. Caracterización química de los vinos

La Tabla 2 muestra la composición química (2018-2020) de la variedad Branco lexítimo en comparación con otras variedades blancas situadas en la misma parcela de San Victorio (D.O. Ribeira Sacra).

Se observa una buena maduración de la variedad Branco lexítimo, con valores similares a los observados en la variedad Albariño y Godello, situadas en la misma parcela a igual fecha vendimia para todas las variedades (16,17 y 20 de septiembre en los años 2018, 2019 y 2020 respectivamente)

La variedad Branco lexítimo muestra una evolución hacia una mayor maduración de la uva en el 2020 (mayor concentración de azúcares y menor acidez total) año con menores precipitaciones entre abril y septiembre y con mayor índice de Huglin, índice de Winkler e integral térmica.

La acidez total, el ácido tartárico y el ácido málico mostraron mayores valores en el año de menor maduración de la uva (2018), año de mayor índice de frío nocturno y de mayor precipitación entre los meses de abril a septiembre. La acidez total de la variedad Branco lexítimo fue similar a la observada en Albariño en los tres años de estudio.

El YAN alcanzó mayores valores en los años 2019 y 2020, al igual que el valor de IPT.

El valor de IPT muestra valores menores que el resto de las variedades blancas en todos los años de estudio.



Tabla 2. Composición química de los mostos

Variedades San Vitorio- Riberas do Miño											
Año	Variedad	Azucares (g/L)	PH	A.Total (g/L)	A. Tartarico (g/L)	A. Cítrico (g/L)	A. Malico (g/L)	IPT	YAN (mg/L)	FAN (mg/L)	N. Amon (mg/L)
2018	Albariño	241,9	2,9	8,3	5,3	0,3	3,1	16,3	248,3	153,0	95,3
	Loureira	161,8	2,6	12,9	6,8	0,4	6,5	12,9	199,3	83,7	115,7
	Godello	204,8	3,0	4,7	4,0	0,2	1,9	8,9	149,0	81,0	68,3
	Treixadura	199,8	3,2	5,0	3,0	0,3	2,4	10,4	325,0	206,7	118,3
	B Lexítimo	216,6	2,9	7,8	3,9	0,4	4,3	7,8	199,6	111,5	88,4
2019	Albariño	227,6	3,0	7,4	3,4	0,2	3,1	13,8	157,0	123,0	34,0
	Loureira	162,9	2,8	12,5	3,9	0,3	5,0	11,3	256,3	155,7	101,3
	Godello	244,9	3,0	5,9	2,9	0,2	2,5	11,8	143,7	98,7	45,7
	Treixadura	198,1	3,1	7,5	2,0	0,3	4,1	14,3	267,7	164,0	103,7
	B Lexítimo	230,1	3,1	7,2	2,6	0,3	3,8	10,9	208,6	142,1	66,9
2020	Albariño	271,6	3,1	6,8	4,1	0,3	1,6	18,6	292,0	207,0	85,0
	Loureira	201,8	2,8	11,4	5,8	0,3	3,7	13,4	231,7	111,0	120,7
	Godello	267,3	3,1	4,6	3,0	0,2	1,6	12,9	189,0	128,3	60,7
	Treixadura	213,7	2,9	7,6	5,2	0,3	2,5	13,1	238,0	132,0	107,0
	B Lexítimo	285,9	3,2	6,1	3,1	0,3	3,0	12,2	254,9	168,1	86,6

3.3. Caracterización terpénica (fracciones libre y glicosilada) de los mostos

A nivel de composición volátil, se identificaron y cuantificaron aproximadamente 60 compuestos volátiles (dependiendo del año) que pertenecen a 9 familias químicas responsables del aroma (alcoholes, compuestos C6, ésteres, terpenos, C13-norisoprenoides, ácidos volátiles, aldehídos, fenoles volátiles y lactonas).

En la Figura 1 se muestran los resultados de la composición terpénica y C13 norisoprenoides en mostos de la variedad Branco lexítimo, compuestos que caracterizan a la variedad y que aportan aromas frutales y florales. Como se puede observar, la variedad Branco lexítimo muestra valores superiores de estas familias de compuestos respecto a la variedad Albariño, tanto en su fracción libre como es su fracción glicosilada, y valores muy próximos a la variedad Loureira, también considerada una variedad terpénica debido a su alto contenido en Linalol. En el caso de la fracción glicosilada, la variedad Branco lexítimo alcanzó los mayores valores de estas dos familias de compuestos, terpeno y C13 norisoprenoides (media de años 2018-2020).

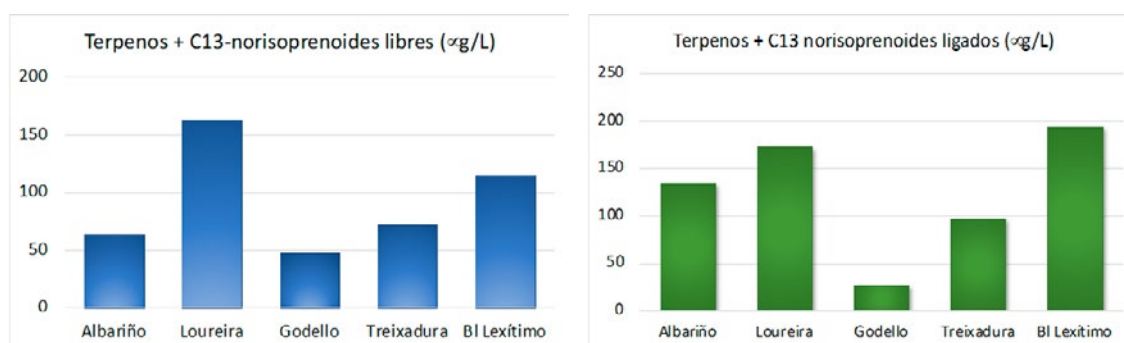


Figura 1. Composición terpénica (Fracción libre y glicosilada) de mostos de la variedad Branco lexítimo (valor medio 2018-2020)



3.4. Caracterización volátil de los Vinos

A nivel de composición volátil de los vinos, en la Tabla 3 se muestran las familias de compuestos volátiles identificadas y cuantificadas en los vinos elaborados en depósitos de acero inoxidable y en barrica en las cosechas 2018 y 2019. Se identificaron y cuantificaron aproximadamente 45 compuestos volátiles (dependiendo del año) pertenecientes a 9 familias químicas responsables del aroma (alcoholes, compuestos C6, acetatos, ésteres, ácidos volátiles, terpenos, aldehídos, fenoles volátiles y lactonas).

A nivel de composición volátil total se observó una mayor concentración en la cosecha 2019 frente a 2018 tanto si se elaboró en acero inoxidable como en barrica. Los alcoholes muestran la mayor la concentración en los dos años de estudio, seguida por ácidos volátiles, ésteres y acetatos. El año 2018 mostró mayor concentración de terpenos frente al 2019, tanto si se elaboró en acero inoxidable como en barrica, mostrando una clara influencia de la añada en la composición volátil de los vinos.

Tabla 3. Composición volátil ($\mu\text{g/L}$) de los vinos (2018-2019)

Familias	Inox-18	Inox-19	Barrica-18	Barrica-19
Alcoholes	24844,9	53766,0	25354,9	68853,2
Compuestos C6	797,4	689,2	829,7	871,0
Acetatos	908,1	1982,6	1517,3	2446,3
Ésteres	6140,0	1337,7	7526,8	2054,7
Ácidos volátiles	8299,2	5326,8	9806,0	7187,8
Terpenos + C13	127,8	62,7	143,3	92,8
Aldehídos	nd	26,2	nd	25,4
Fenoles volátiles	152,3	247,9	151,8	435,5
Lactonas	358,7	176,0	375,8	242,4
Total	41628,4	63615,1	45705,5	82209,1

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran una buena adaptación de la variedad Branco lexítimo a las condiciones de la Ribeira Sacra, observándose una alta variabilidad en función de la añada. La composición volátil de los mostos da como resultado una calidad aromática óptima para la elaboración de vinos de calidad, con alta concentración de terpenos y C13 norisoprenoides, muy superior a otras variedades blancas cultivadas en la misma zona. Esta calidad está influenciada por las condiciones climáticas del año, de forma que años con condiciones moderadas de temperatura y precipitación potencian la producción de terpenos y C13-norisoprenoides, compuestos que caracterizan el aroma floral y afrutado de la variedad.

5. Bibliografía

1. AMERINE, M.A., WINKLER, A.J. 1944. **Composition and quality of musts and wines of California grapes**. Hilgard, 15: 493–673.
2. COELHO E., LEMOS M., GENISHEVA Z., DOMINGUES L., VILANOVA M., OLIVEIRA J.M. 2020. **Simple and quick LLME/GC-MS methodology to quantify minor volatile compounds in alcoholic beverages**. Molecules 2020, 25, 621.



3. VILANOVA M., GENISHEVA Z., BESCANS L., MASA A. AND OLIVEIRA JM. 2009. **Volatile composition of wines from cvs. Agudelo, Branco lexítimo and Serradelo (*Vitis vinifera*) grown in Betanzos (NW Spain).** Int. J. Inst. Brew. 115 (1):35-40.
4. VILANOVA, M., GENISHEVA, Z., BESCANS, L., MASA, A. AND 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.
5. VILANOVA, M., ESCUDERO, A., GRAÑA, M. AND CACHO, J. 2013. **Volatile composition and sensory properties of North West Spain white wines.** Food Res. Int. 54:562-568.
6. VILANOVA, M., FANDIÑO, M., FRUTOS-PUERTO, S., CANCELA, J.J. 2019. **Assessment fertigation effects on chemical composition of *Vitis vinifera* L. cv. Albariño.** Food Chem. 278:636–643.
7. PÉREZ-AÑÓN, R. 2022. Tesis Doctoral. **Caracterización agronómica y bioquímica de la variedad Branco lexítimo en la Ribeira Sacra.**
8. TONIETTO Y CARBONNEAU. 2004. **A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide.** Agr. Forest Meteorol. 124: 81-97.

6. Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación obtenida del proyecto CDTI (IDI-20180562; 2018), ejecutado por la Bodega Ponte da Boga en colaboración con la Universidad de Santiago de Compostela y el CSIC.

El cultivo de la vid en Catalunya. Incorporación de variedades recuperadas. 2017-2022.

Xoán Elorduy, Carme Domingo, Claustre Grau, Elisabet Perna, Lluís Giralt, M. Carme Masqué, Fina Capdevila.

*Institut Català de la Vinya i el Vi (INCAVI). Plaça Àgora 2-3, 08720 Vilafranca del Penedès. 92.890.02.11.
xoan.elorduy@gencat.cat*

Resumen

El trabajo presentado en este artículo es continuación del realizado por el INCAVI y publicado en la “Guía de variedades minoritarias” del Grupo de Trabajo de Experimentación en Viticultura y Enología en 2015. Se trata de una recopilación de información sobre variedades minoritarias de vid que se han inscrito en el potencial vitícola para la comunidad autónoma de Cataluña de los años 2017 a 2022. Se presentan aspectos vitícolas y enológicos, con el fin de tener preparados los materiales para una nueva guía. Algunas de ellas son material tradicional de cultivo como Cariñena Blanca y cariñena Gris; y otras son variedades recuperadas como Bronsa, Coromina, Forcada, Gonfaus, Moneu, Querol, Pirene y Selma Blanca.

Esta línea de trabajo queda enmarcada dentro del plan de I+D 2030 i del Plan estratégico del INCAVI Horitzó 2025. Desde INCAVI consideramos que el mantenimiento de la riqueza genotípica de la vid es clave para hacer frente a futuros retos de nuestro sector, tanto por temas agronómicos y enológicos como para profundizar en la tipificación y personalización de nuestros vinos. Por suerte es un trabajo que no tiene un fin cierto ya que la riqueza varietal de Catalunya nos sorprende cada día.

1. Introducción. El cultivo de la vid en Cataluña: variedades cultivadas

El Trabajo presentado en este artículo es continuación del realizado por el INCAVI y publicado coordinadamente dentro del GTEVE el 2015. En Cataluña hay 11 denominaciones de origen (D.O.), una de ellas calificada, y la mayor parte de la región del Cava. En sus reglamentos hay un total de 36 variedades autorizadas, pero solo 8 variedades concentran el 75% de toda la superficie. Cada vez más se busca la diferenciación y se destacan y recomiendan variedades emblemáticas, en algunos casos se tratan de variedades tradicionales o recuperadas: D.O. Alella (Garnachas), D.O. Conca de Barberà (Trepát), D.O. Empordà (Lledoners), D.O. Montsant y D.O. Ca Priorat (Garnachas y Cariñenas); D.O. Pla de Bages (Picapoll blanco, Sumoll Tinto, Garró/Mandó) o D.O. Terra Alta (Garnacha blanca), DO Tarragona (Macabeu), DO Penedès (Xarel·lo), DO Costers del Segre (Trobat). Del total de 56.200 ha de viñedo (fuente RVC, 2023), el 77 % de la superficie está ocupada por variedades autóctonas. Estas son, por orden de importancia, Macabeo, Xarel·lo, Parellada, Garnacha tinta, Tempranillo, Cariñena, Garnacha blanca, Trepát y Moscatel de Alejandría. Las variedades foráneas principales son las siguientes: Chardonnay, Merlot, Cabernet sauvignon, Syrah y Pinot noir.

Existe un grupo intermedio de variedades secundarias (entre 50 y 500 hectáreas de superficie) formado por las autóctonas: Moscatel de grano menudo, Sumoll negre, Monastrell, Subirat parent, Garnacha roja y Garnacha peluda; y por las foráneas: Sauvignon blanc, Cabernet

franc, Gewürztraminer, Chenin blanc, Riesling, Garnacha tintorera y Viognier. Como variedades minoritarias (menos de 50 ha), aparecen las autóctonas Malvasia de Sitges, Picapoll blanco, Vinyater, Picapoll negro, Garró/Mandó, Sumoll blanco y otras foráneas como Ugni blanc (para aguardientes), Albariño, Petit verdot, Malbec, Verdejo y Airén. Son ejemplos de variedades en plantaciones en estado experimental la Xarel·lo rosado, la Giró o la Mónica

En Cataluña en el marco del trabajo de prospección e identificación de variedades de vid, se han encontrado un número importante de genotipos únicos, principalmente en la zona prepirenaica. En conjunto se han localizado cepas de variedades probablemente anteriores a la filoxera: Aramón, Batista/Canaril, Boval blanc, Caixal de llop, Cap negra, Cua de moltó, Cua tendre, Cruixent, Escañavella, Esquitxagós, Granacha, Grech, Juanench, Malvasia roja, Malvasia fumada, Mansés, Morate, Morenillo, Neral, Palop, Pampol girat, Panser, Picapolla moscada, Picapoll vermell, Punchó fort, Rojal, Roseta, Sabaté negre, Salsench, Sant Jaume, Tripó de gall, Trobat, Valencí, Verdiell, ...

Las variedades se monitorizan como mínimo 5 años, estudiando el comportamiento vitícola (condiciones agroclimáticas, análisis genético, fenología, desarrollo vegetativo, comportamiento sanitario y productivo) y enológico (análisis químico y análisis sensorial) de cada variedad.

2. Variedades recuperadas e incorporadas al Potencial Vitícola Catalán.

A continuación, se muestra un resumen de los resultados recopilados durante los años de estudio, separados por variedades.

2.1. Querol. Zona de cultivo: Cataluña. En curso de inclusión en la DO Catalunya (1,72 ha, dos parcelas situadas en el municipio de Vimbodí).

2.1.1. Descripción morfológica: El pámpano joven presenta pelos postrados en la punta con una densidad entre media y densa, con una débil pigmentación antociánica. La Hoja joven es de color verde con zonas antociánicas y densidad de pelos alta. La hoja adulta es de tamaño medio; pentagonal; tres lóbulos, senos peciolares cerrados en U; densidad de pelos tumbados es alta. El Racimo es tamaño mediano-grande; compacidad de suelto a media; racimo corto. Y la baya es de tamaño pequeño; forma esférica; color negro azulado.

2.1.2. Características agronómicas: La brotación es tardía, la floración a mitad de junio y la maduración tardía. Variedad poco sensible a la botrytis, sensibilidad media a oídio y mildiu.

2.1.3 Características enológicas: La Querol es una variedad tinta, que puede alcanzar grados alcohólicos elevados, pero con un buen equilibrado con la acidez y el pH. Son vinos con cuerpo y buena intensidad colorante, sobretudo en tonalidades rojas y una composición polifenólica media. Resulta interesante para elaborar vinos de corta o media crianza preferentemente, aportando concentración y acidez. Los vinos de Querol son intensos, afrutados, con unas notas sutiles a laurel, en boca es concentrado y muestra una amplitud y un nervio que lo hacen muy adecuado para vinos de crianza.

2.1.4. Interés enológico de la variedad para su recuperación: Los resultados del seguimiento muestran una buena potencialidad enológica de esta variedad tanto para vinos

monovarietales como también para vinos de coupage, por su marcada acidez que la hace especialmente interesante en este entorno de incremento de temperaturas y cambio climático.

2.2. Cariñena blanca. Zona de cultivo: Cataluña. Sur de Francia. DO Empordà y en estudio en la DOQ Priorat. (21 ha, distribuidas en 52 parcelas en los municipios de Capmany, Cruilles, Monells i Sant Sadurní de l'Heura, Espolla, Falset, Garriguella, Gratallops, Masarac, Pals, Porrera, Rabós, Sant Climent Sescebes, Santa Oliva y Vilamaniscla).

2.2.1. Descripción morfológica: El Pámpano joven tiene pelos postrados en la punta con una densidad media, sin pigmentación antocianica. La hoja joven presenta color verde amarillento y densidad de pelos media. Y la hoja adulta: tamaño grande; orbicular; cinco lóbulos, senos peciolares cerrados; densidad de pelos tumbados escasa. El racimo es de tamaño medio, con compacidad alta. Y la baya es tamaño pequeño a medio; forma globosa; color verde amarillento.

2.2.2. Características agronómicas: La brotación es tardía, floración a mitad de junio y vendimia la primera quincena de septiembre. Variedad sensible a la botrytis, sensible a oídio. Producción media.

2.2.3 Características enológicas: Es una variedad que alcanza grados alcohólicos elevados manteniendo una buena acidez y un pH bajo. El extracto seco y polifenoles totales también son elevados tratándose de una variedad blanca. Se obtienen vinos con un pH ácido y un elevado extracto seco, lo que la hace muy interesante para elaborar vinos blancos macerados, criados sobre lías o fermentados y criados en barricas. Los vinos destacan por los aromas afrutados, predominando la fruta blanca y cítrica, con una buena intensidad gustativa y una marcada acidez. En conjunto son vinos estructurados y equilibrados con un perfil organoléptico bien valorado y muy estable en los años de estudio.

2.2.4. Interés enológico de la variedad para su recuperación: El seguimiento de la variedad hecho por INCAVI en la zona tradicional de cultivo de la variedad Cariñena blanca, obtiene unos buenos resultados. Los niveles obtenidos en los parámetros cualitativos básicos son muy buenos, principalmente en la concentración de azúcar i acidez. Las observaciones realizadas confirman las características ampelográficas idénticas a la Cariñena tinta. También se confirma el comportamiento agronómico muy similar, especialmente en la sensibilidad de la variedad a los ataques de oídio. La valoración sensorial de la variedad da unos buenos resultados, destacando la intensidad aromática, la acidez y la estructura en boca.

2.3. Coromina. Zona de cultivo: Cataluña. Lleida. Incluida D.O. o en IPG: DO Costers del Segre (3 ha en una parcela en el municipio del Montmell).

2.3.1. Descripción morfológica: El pámpano joven presenta pelos postrados en la punta con una densidad media, con pigmentación antocianica media. La hoja joven es color verde amarillento y densidad de pelos escasa. La hoja adulta es de tamaño medio; pentagonal; tres lóbulos, senos peciolares cerrados; densidad de pelos tumbados escasa. El racimo es de tamaño pequeño a medio; compacidad media. Y la baya es de tamaño medio; forma elipsoide ancha; color verde amarillento.

2.3.2. Características agronómicas: Es de brotación tardía, floración a mitad de junio y vendimia entre la segunda quincena de septiembre y primera de octubre. Variedad sensible a la botrytis, sensibilidad a la clorosis.

2.3.3 Características enológicas: Presenta una graduación alcohólica media, una acidez muy alta y pH bajo. El Índice de Polifenoles Totales (A280) es alto tratándose de vinos blancos y la intensidad colorante también es relativamente elevada. Enológicamente el elemento más destacable es la elevada acidez que de forma natural y resulta muy interesante para vinos blancos de larga crianza o para mezclar con otras variedades menos ácidas. Los vinos destacan por su carácter vegetal y moderada intensidad frutal (fruta de hueso o tropical), en algunos años ligeramente balsámica y con presencia de fenoles (alcanfor). Marcada acidez en boca que puede llegar a desequilibrar el vino y aparecer notas amargas.

2.3.4. Interés enológico de la variedad para su recuperación: Los resultados del seguimiento muestran una buena potencialidad enológica de esta variedad especialmente para vinos de *coupage*, por su potencial de acidez y persistencia en boca muy adaptada a la actual situación de cambio climático.

2.4. Forcada. Zona de cultivo: Cataluña (46,6 ha distribuidas en 34 parcelas en los municipios de Aiguamúrcia, Castellví de la Marca, Font-rubí, la Llacuna, el Montmell, Pacs del Penedès, Pontons, Sant Martí Sarroca, Sant Sadurní d'Anoia, Santa Maria de Miralles y Torrelavit).

2.4.1. Descripción morfológica: El Pámpano joven tiene pelos postrados en la punta con una alta densidad, con pigmentación antociánica débil. La hoja joven es de color verde amarillento y densidad de pelos escasa. La hoja adulta: tamaño medio, abullonada; pentagonal; cinco lóbulos, senos peciolares abiertos; densidad de pelos tumbados media. El racimo es de tamaño pequeño a medio; compacidad media. La baya: tamaño pequeño a medio; forma elipsoide ancha; color verde amarillento.

2.4.2. Características agronómicas: La brotación es tardía, floración a mitad de junio y vendimia la primera quincena de octubre. Variedad de ciclo largo. Variedad de sensibilidad media a la botrytis, piel fina sensible a mildiu y oídio.

2.4.3 Características enológicas: La variedad Forcada presenta de media una graduación alcohólica media-alta, alrededor de 12 %, una acidez muy alta (entre 7-8 g/l de tartárico) y un pH bajo (alrededor de 2,9). Los polifenoles totales son medio-altos (alrededor de 6) y el color amarillo (A420) es medio (alrededor de 0,060). El grado alcohólico medio y la elevada acidez la hacen especialmente interesante para vinos de cupage, aportando de forma natural la acidez que les faltan a otras variedades. Los vinos de Forcada destacan por su intensidad aromática y frescor. Notas de flores blanca, sotobosque mediterráneo (romero, tomillo, etc.), frutas cítricas y blancas. En boca, acidez no agresiva, buen volumen y untuosidad. Buena estructura, complejidad y persistencia.

2.4.4. Interés enológico de la variedad para su recuperación: La variedad Forcada es una variedad de ciclo largo y maduración tardía, que puede ser útil para contrarrestar los efectos del cambio climático. Su bajo pH también puede favorecer la utilización de dosis de sulfitos menores. Es de gran potencial para los vinos tranquilos y tiene aptitud para el envejecimiento.

2.5. Gonfaus. Zona de cultivo: Cataluña. Cerdeña (11 ha distribuidas en 5 parcelas en los municipios de Juneda y Cervià de les Garrigues).

2.5.1. Descripción morfológica: El pámpano joven: pelos postrados en la punta con una densidad media, con pigmentación antociánica media. La hoja joven: color verde con zonas antociánicas y densidad de pelos ausente o escasa. La hoja adulta: tamaño medio, abullonada; pentagonal; tres lóbulos, senos peciolares cerrados; densidad de pelos tumbados alta. El racimo: tamaño grande; compacidad alta. Y la baya: tamaño pequeño a medio; forma globosa; color negro azulado.

2.5.2. Características agronómicas: Variedad de brotación tardía (marzo), floración a mitad de junio y vendimia la primera quincena de septiembre. Variedad de ciclo corto. poco sensible a la botrytis, piel gruesa con cierta resistencia a mildiu y oídio. Variedad muy poco productiva.

2.5.3 Características enológicas: Presenta buena graduación alcohólica elevada y acidez y pH moderados, pero equilibrados en conjunto. También presenta un buen equilibrio polifenólico idóneas para vinos tintos intensos. Los vinos son aptos para realizar largas maceraciones y crianzas tal como nos indican los valores de acidez, extracto seco y compuestos fenólicos. Tiene mucho color e intensidad aromática. Sus vinos presentan aromas de frutas cítricas (pomelo, piel de naranja), vegetales (romero, tomillo) y, destacan los complejos (frutas confitadas – higos, ciruelas - y pasas, especias, café). En boca destaca la buena acidez, un contenido fenólico alto, alta concentración, estructura y larga persistencia olfativa-gustativa.

2.5.4. Interés enológico de la variedad para su recuperación: Los resultados del seguimiento muestran una buena potencialidad enológica de esta variedad tanto en vinos monovarietales como de *coupage*, por su intensidad y complejidad aromática y equilibrio en boca y versatilidad.

2.6. Moneu. Zona de cultivo: Cataluña (27,7 ha distribuidas en 36 parcelas en los municipios d'Aiguamúrcia, Banyeres del Penedès, Castellet i la Gornal, Castellví de la Marca, Mediona, Pacs del Penedès, Piera, Sant Martí Sarroca, Sant Sadurní d'Anoia, Santa Margarida i els Monjos y Torrelavit).

2.6.1. Descripción morfológica: El pámpano joven presenta pelos postrados en la punta con una alta densidad, con pigmentación antociánica media. La hoja joven es de color verde amarillentos y densidad de pelos muy alta. La hoja adulta es de tamaño medio, abullonada; pentagonal; cinco lóbulos, senos peciolares cerrados; densidad de pelos tumbados alta. El Racimo presenta tamaño pequeño a medio; compacidad alta. Y la Baya: tamaño pequeño forma globosa; color negro azulado.

2.6.2. Características agronómicas: Variedad de brotación tardía (abril), floración a mitad de junio y vendimia la primera quincena de septiembre. Variedad de ciclo corto. poco sensible a la botrytis, presenta resistencia a la sequía. Variedad muy poco productiva.

2.6.3 Características enológicas: La variedad Moneu presenta de media una graduación alcohólica medio, una acidez alta y pH medio. El índice de polifenoles totales es alto (superior a 55), así como la intensidad colorante. Los vinos elaborados con Moneu presentan un perfil medio

para un vino tinto, destacando la elevada acidez total la que la hace muy adecuada para vinos de crianza. Tienen muy buen color y destacan por ser frescos y perfumados, con un ligero matiz floral, fruta roja fresca (cereza) y notas de fruta negra (mora, ciruela y arándano), matices especiados y de cacao. Buena concentración y acidez, taninos equilibrados y larga persistencia.

2.6.4. Interés enológico de la variedad para su recuperación: Los resultados del seguimiento experimental realizados en Costers del Segre muestran una buena potencialidad enológica de esta variedad especialmente para vinos de *coupage*, por su potencial de acidez y persistencia en boca, siendo muy adecuados para medias y largas crianzas.

2.7. Bronsa. Zona de cultivo: Cataluña (sin datos sobre ha cultivadas)

2.7.1. Descripción morfológica: El pámpano joven presenta escasos pelos postrados en la punta, con pigmentación antocianica ausente o muy débil. La hoja joven: color verde con zonas antocianicas y ausencia de pelos en las nervaduras. La hoja adulta: tamaño medio, abullonada; pentagonal; tres lóbulos, senos peciolares cerrados; densidad de pelos tumbados débil. El racimo es de tamaño medio; compacidad media. Y la baya es de tamaño pequeño a medio, forma globosa; color negro azulado.

2.7.2. Características agronómicas: Brotación la tercera semana de marzo, floración a finales de mayo y vendimia la primera quincena de septiembre. Variedad poco sensible a la botrytis, no presenta problemas con oídio y mildiu.

2.7.3 Características enológicas: La variedad Bronsa presenta de media una graduación alcohólica alta, y una acidez elevadas, un pH ácido, un nivel de antocianos bajo y un índice de polifenoles totales y intensidad colorante altos. Los vinos elaborados con esta variedad presentan un perfil equilibrado, en cuanto acidez y grado alcohólico, pero cabe destacar la elevada cantidad de sustancias que aportan coloraciones amarillas (A420) con lo que no sería demasiado adecuada para vinos de largas crianzas. Son vinos con un color agradable, con cierta tendencia a evolucionar rápidamente. Aromáticamente destacan frutos rojos, con ciertos toques florales, y balsámicos. En boca son vinos equilibrados, persistentes y con cierto nervio.

2.7.4. Interés enológico de la variedad para su recuperación: Los resultados del seguimiento muestran una buena potencialidad enológica de esta variedad tanto para vinos monovarietales como, sobre todo, para vinos de *coupage*, por su potencial de graduación y de color.

2.8. Pirene. Zona de cultivo: Cataluña (6,6 ha distribuidas en 7 parcelas en el municipio de Tremp).

2.8.1. Descripción morfológica: El pámpano joven tiene densos pelos postrados en la punta, con pigmentación antocianica fuerte. La hoja joven destaca por su color rojo-cobrizo claro y alta densidad de pelos postrados en las nervaduras. Por contra la hoja adulta es de tamaño medio; pentagonal; tres lóbulos, senos laterales superiores muy superficiales y ligeramente superpuestos; densidad de pelos tumbados media a baja. El racimo: tamaño pequeño; racimo suelto. Y la baya: tamaño pequeño a medio, forma globosa; color negro azulado.

2.8.2. Características agronómicas: Brotación la última semana de marzo, floración a finales de mayo y vendimia la primera quincena de septiembre. Variedad sensible a la botrytis. En

los racimos maduros se pueden ver granos que han sufrido corrimiento (*millerandage* - pequeñas bayas que sí maduran, asociado a *coulure* – bayas remanentes que no maduran).

2.8.3 Características enológicas: La variedad Pirene presenta de media una graduación relativamente elevada, una acidez y pH medio, un nivel de antocianos, un índice de polifenoles totales y una intensidad colorante muy alta todos los años. Los vinos elaborados con la variedad Pirene presentan un perfil muy adecuado para vinos de media y larga crianza, sin ser una graduación alcohólica excesivamente elevada. Estos vinos destacan por su intensidad de color y la intensidad aromática, predominando los frutos rojos y frutos del bosque, combinado con especias y notas minerales y especiadas. En boca tienen son cálidos y tienen una buena estructura.

2.8.4. Interés enológico de la variedad para su recuperación: Los resultados del seguimiento muestran una buena potencialidad enológica de esta variedad tanto para vinos monovarietales como, sobre todo, para vinos de *coupage*, por su potencial de aroma, de color y aptitudes para la crianza.

2.9. Selma blanca. Zona de cultivo: Cataluña (1,5 ha, una parcela en el municipio del Montmell).

2.9.1. Descripción morfológica: Pámpano joven: densidad media de pelos postrados en la punta, con pigmentación antociánica media. Hoja joven: color verde amarillento y densidad media de pelos postrados en las nervaduras. Hoja adulta: tamaño medio y débil abullonado; pentagonal; cinco lóbulos, senos laterales superiores muy superficiales y cerrados; escasos de pelos tumbados media a baja. Racimo: tamaño de grande a muy grande; racimo de compacidad media. Baya: tamaño medio, forma globosa; color verde amarillento.

2.9.2. Características agronómicas: Brotación la última semana de marzo, floración entre finales de mayo y primera de junio, y vendimia la primera quincena de octubre. La variedad no expresa una sensibilidad excesiva ni a mildiu ni a oídio.

2.9.3 Características enológicas: La variedad Selma blanca presenta de media una graduación alcohólica muy baja alta, una acidez alta, y un pH muy bajo. Su mayor potencial reside en el equilibrio grado alcohólico/acidez que nos muestran su potencial para mezclar con vinos menos ácidos, pero también como vinos de baja graduación de consumo rápido. Los vinos elaborados con la variedad selma tienen un color pálido con matices verdosos, aromáticamente destacan aromas anisados, frescos, a fruta verde y cítricos. En boca son marcadamente ácidos, con nervio.

2.9.4. Interés enológico de la variedad para su recuperación: Los resultados del seguimiento muestran una buena potencialidad enológica de esta variedad tanto para vinos monovarietales como, sobre todo, para vinos de *coupage*, por su potencial de acidez, post-gusto y buena aptitud para la crianza. Es una buena alternativa para compensar los grados alcohólicos elevados y la poca acidez debida al cambio climático actual.

2.10. Cariñena gris. Zona de cultivo: Cataluña. DO Empordà.

2.10.1. Descripción morfológica: El pámpano joven tiene una baja densidad de pelos postrados en la punta, con pigmentación antociánica ausente o muy débil. Con una hoja joven de

color verde amarillento y densidad baja o ausencia de pelos postrados en las nervaduras. Y una hoja adulta de tamaño grande y débil abullonado; orbicular; cinco lóbulos, senos laterales superiores superficiales y cerrados; escasos pelos tumbados entre nervaduras. El racimo presenta un tamaño medio y compacidad media y la baya es de tamaño medio, forma globosa; color rojo grisáceo.

2.10.2. Características agronómicas: Los datos de los estadios fenológicos que se han seguido en la colección del INCAVI. Brotación 28/03, floración 25/04, envero 5/08 y maduración 21/09. El 23 de septiembre es la fecha media de las vendimias. En un estudio de investigación durante las campañas 2020 y 2021 se evaluó el grado de susceptibilidad al oídio y aunque es alta, fue ligeramente menos sensible comparado con Cariñena. Para el mismo estudio, el mildiu presentó una susceptibilidad media y una severidad baja.

2.10.3 Características enológicas: La variedad cariñena gris presenta de media una graduación alcohólica moderada, una acidez buena y un pH ácido. Elaborada como una variedad blanca, sin maceración, el color es muy pálido. El mayor potencial de esta variedad radica en el equilibrio grado alcohólico/acidez, lo que le confiere un buen recorrido. Elaborado como blanco el color es poco intenso, pero aplicando técnicas de maceración prefermentativa en frío se consiguen vinos con mayor intensidad, mejor estructura. Son vinos de color pálido con matices asalmonados, en aroma destacan los aromas florales y a fruta fresca y roja, con matices especiado, en boca son agradables, frescos y complejos.

2.10.4. Interés enológico de la variedad para su recuperación: Los resultados del seguimiento muestran un buen potencial enológico de la variedad Cariñena gris tanto para vinos monovarietales tranquilos que destacan por sus aromas florales y de frutas rojas, como algún estilo de elaboración especial (espumosos, rancios o crianzas). Puede ser interesante el vino de coupage con las variedades Mazuela y Cariñena blanca.

3. Conclusiones y propuestas de mejora.

Los resultados del trabajo del INCAVI en este campo son altamente satisfactorios. La incorporación de variedades recuperadas, no solo en el Potencial Vitícola Catalán sino en los diferentes Pliegos de Condiciones de las DO del país garantizan la conservación de la riqueza y diversidad genética de la viña, la posibilidad de particularizar las diferentes producciones vinícolas evitando la homogeneización de las producciones de cada DO, el conocimiento del consumidor y finalmente buscar una mejor remuneración de la producción que permita la sostenibilidad económica, social y ecológica del sector sobre los territorios que actualmente ocupa. En esta línea desde el INCAVI se proponen una serie de medidas para profundizar en estos resultados:

Permitir la comercialización, con el acuerdo de las DO y aplicando la trazabilidad correspondiente, de las variedades recuperadas para incorporarlas en pequeños porcentajes a determinados vinos bajo el amparo de las DO.

Incorporar técnicas de diferenciación por microsatélites de ADN para acelerar la incorporación de variedades recuperadas al Catálogo de la Oficina de Variedades Vegetales.

Permitir generar una red de centros de validación de variedades de vitis vinífera, que de manera coordinada y trabajando conjuntamente, consiga estudiar estas variedades en un entorno

agroclimático semejante al del lugar de localización de las plantas en estudio.

4. Bibliografía

1. AGUSTÍ, MIQUEL. ***Llibre dels secrets de agricultura, casa rústica y pastoril***. Vilafranca del Penedès: Edicions i Propostes Culturals Andana, cop. 2007.
2. BARBA I ROCA, MANUEL. ***Rahims que's coneixen al Panadès***. [179?].
3. LOSADA, A.; DIAZ, E. et al. 2015. **Guía de variedades minoritarias I**. XXX Reunión Anual del Grupo de Trabajo de Experimentación en Viticultura y Enología. Logroño. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. ISBN: 978-84-491-1450-2.
4. PUIGGRÒS, JOSEP M. ***Les varietats autòctones de vinya, la seva història i el seu valor com a complement del paisatge*** [en línia]. <<http://es.scribd.com/doc/56829775/Les-varietats-autoctones-de-vinya-la-seva-historia-i-el-seu-valor-com-a-complement-del-paisatge-Josep-Ma-Puiggros>> [consulta: 31 julio 2015].
5. ROIG I ARMENGOL, RAMON. ***Memoria acompanyatoria al mapa regional vinícola de la província de Barcelona***. Barcelona: [s.n.], 1890.

36º REUNIÓN

GRUPO DE TRABAJO
**EXPERIMENTACIÓN EN
VITICULTURA Y ENOLOGÍA**

ENOLOGÍA

Potencial enológico de variedades minoritarias andaluzas para la obtención de vinos rosados

Belén Puertas, M^a Jesús Jiménez-Hierro, M^a Isabel Fernández-Marín, Emma Cantos-Villar

*Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA) Centro Rancho de la Merced.
Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Sostenible. Junta de Andalucía.
Carretera Cañada de la Loba Km 3.1. 11471 Jerez de la Frontera.
Tfno: 671 560 352. e-mail: mariab.puertas@juntadeandalucia.es*

Resumen

El consumo mundial de vino rosado supera ya los 23,5 millones de hectolitros, un 10,5% del total. Francia es el mayor consumidor de vino rosado, con el 35% del total. España presenta una demanda de vino rosado muy inferior, pues, aunque producimos el 20% del total mundial, sólo consumimos un 2,5%. Sin embargo, España encabeza la exportación mundial con el 41% del total siendo Francia su principal cliente.

En Andalucía, no hay mucha experiencia en la elaboración de vinos rosados a partir de variedades minoritarias andaluzas, siendo de gran interés por parte de muchas bodegas andaluzas que buscan diversificar su producción con nuevos productos como los vinos rosados.

El objetivo de este trabajo ha sido estudiar, en la cosecha de 2023, el potencial de las variedades: Corchera, Jaén tinto, Melonera, Palomino negro, Tintilla de Rota y Vijiriego negro para elaborar vinos rosados.

Con las seis variedades se han obtenido vinos rosados muy singulares, con una amplia gama en cuanto a intensidad colorante, obteniendo siempre tonalidades apropiadas para vinos rosados. Respecto al análisis sensorial destacó el vino de Corchera en la fase olfativa por las notas de frutas silvestres y el de Melonera por las notas florales y de fruta madura.

1. Introducción

El consumo mundial de vino rosado supera ya los 23,5 millones de hectolitros, un 10,5% del total, y continúa al alza, según un informe elaborado por el Rosé Wines World Tracking. Este consumo se realiza en un contexto de producción que oscila entre los 23 y 26 millones de hectolitros anuales a nivel mundial, y presenta una subida del 23% desde 2002.

Francia es el mayor consumidor de vino rosado del mundo, con el 35% del total, es decir, 8,3 millones de hectolitros. España presenta una demanda de vino rosado muy inferior, pues, aunque producimos el 20% del total mundial, sólo consumimos un 2,5% del total global. Sin embargo, nuestro país encabeza la exportación mundial con el 41% del total siendo Francia su principal cliente.

En Andalucía, no hay mucha experiencia en la elaboración de vinos rosados a partir de variedades minoritarias andaluzas, siendo de gran interés por parte de muchas bodegas andaluzas que buscan diversificar su producción con nuevos productos.

El objetivo de este trabajo ha sido estudiar, en la cosecha de 2023, el potencial de las variedades minoritarias tintas: Corchera, Jaén tinto, Melonera, Palomino negro, Tintilla de Rota y Vijiriego negro para elaborar vinos rosados de alta tipicidad, mediante la técnica de maceración parcial.



2. Material y Métodos

El viñedo del cual se han obtenido los datos de este trabajo se encuentra situado en Jerez de la Frontera. La precipitación de la campaña 2022-2023 fue de 350,8 L/m² y la temperatura media de 19,6 °C.

Es importante señalar las temperaturas y las olas de calor que en esta zona han sucedido en la cosecha de 2023, se muestran las temperaturas máximas y mínimas en la Fig. 1.

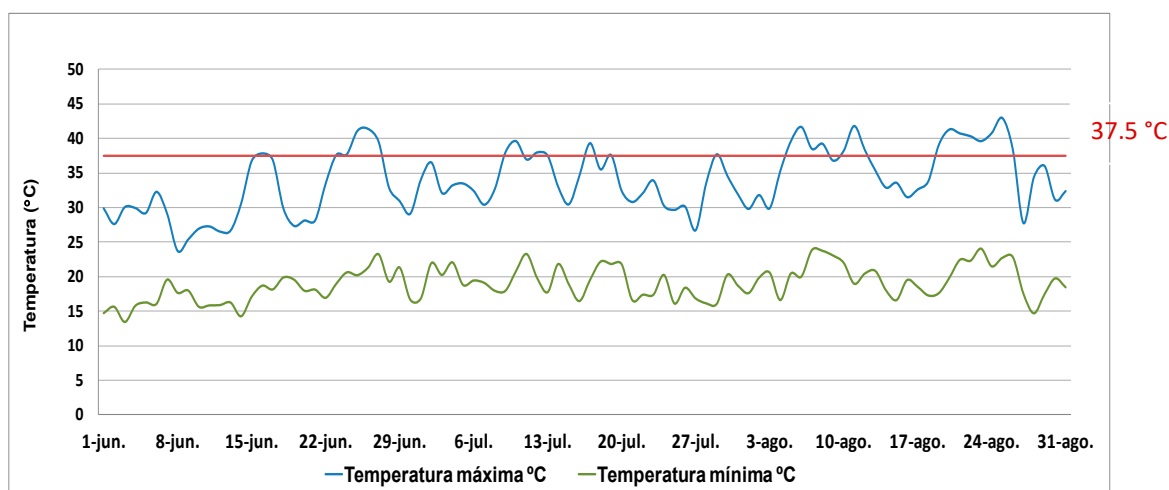


Fig. 1. Temperaturas durante los meses de junio, julio y agosto

Material vegetal

La parcela se caracteriza por ser terreno de albariza, clásico de la zona y poda en cordón doble sobre espaldera vertical de tres alambres. Las variedades utilizadas han sido: Corchera (COR), Jaén tinto (JT), Melonera (MEL), Palomino negro (PN), Tintilla de Rota (TR) y Vijiriego negro (VN).

Control de maduración

A partir del enero, se siguió semanalmente la evolución de una serie de parámetros para determinar el momento de vendimia. Las cepas para el muestreo se señalaron previamente, tomando unos 2 Kg de muestra escogiendo fragmentos de racimos de unas 10 bayas, situados en todas las orientaciones de la cepa (soleados y sombríos) y de las distintas partes del racimo.

En las muestras se determinaron los siguientes parámetros: peso de la baya, grado Brix, acidez total, pH e índice de maduración. Estos parámetros unidos al estado sanitario de la uva permitieron establecer la fecha óptima de vendimia para cada variedad.

Vinificación

La vendimia se realizó manualmente en cajas de plástico de 20 kg, la uva se transportó al lagar y se introdujo en la cámara durante 24 horas a 4°C de temperatura.

La uva se despalilló al 100 %, se adicionaron 50 ppm de anhídrido sulfuroso (SO₂) y se maceró en presencia de los hollejos, a 8 °C en continuo y suave movimiento, durante un tiempo



variable según la variedad. Transcurrido el tiempo de maceración se realizó el ciclo de prensado adecuado para no hacer una extracción severa en rosados, correspondiente a 20 minutos a baja presión (1.0 bar).

El mosto obtenido se desfangó, con adición de enzimas pectolíticas (Blanco L, Enartis) durante 18 horas a 4 °C. Se tomó una muestra que se llevó al laboratorio para determinar los siguientes parámetros: grado Brix, acidez total, pH, potasio, ácidos tartárico y málico, antocianos y taninos. Tras el desfangado se encubaron en depósitos de 100 L de capacidad de acero inoxidable con sistema de refrigeración por ducha manteniendo la temperatura de fermentación a 18°C. Se corrigió la acidez con ácido tartárico, cuando fue necesario, hasta ajustar el pH a 3,3. Se adicionaron 30 g/Hl levaduras comerciales (Red Fruit, Enartis) previamente hidratadas.

A las dos semanas de finalizar la fermentación se realizó el deslío y se añadió la cantidad necesaria de SO₂ para que los vinos quedasen con 25 ppm de SO₂ libre. Los vinos se estabilizaron por frío en cámara frigorífica a 4°C, no fueron clarificados y previo al embotellado se filtraron por placas abrillantadoras (M10, Immer).

A los vinos embotellados se les determinaron los siguientes parámetros: grado alcohólico, densidad, acidez total, pH, acidez volátil, ácidos orgánicos (cítrico, tartárico, málico, láctico, succínico y acético), glicerol, azúcares reductores, anhídrido sulfuroso libre y total, extracto seco, acetaldehído, acetato de etilo, acetato de isoamilo, metanol, n-propanol, isobutanol e isoamílicos, metales (hierro, cobre, zinc, calcio y potasio), antocianos, taninos, índice de polifenoles totales, intensidad colorante, tonalidad y coordenadas CIELab. Los análisis de los mostos y vinos han sido realizados siguiendo los métodos internacionales de análisis [1, 2].

3. Resultados

Mostos

A la vista de los resultados de los controles de maduración (datos no mostrados) se estableció la fecha de vendimia para cada variedad. En la Tabla 1 se muestra las fechas de vendimia y la producción de uva.

Las variedades más tempranas, vendimiadas el 25 y 26 de Julio, fueron Palomino negro y Jaén tinto y las más tardías Vijiriego negro y Corchera que se vendimiaron el 23 de agosto.

Las variedades Vijiriego negro y Corchera fueron las más productivas obteniendo entre 3,5 y 4 Kg/cepa respectivamente, mientras que Jaén tinto, Palomino negro y Tintilla de Rota fueron las menos productivas con menos de 2 Kg/cepa. El estado sanitario de todas fue bueno.

Tabla 1. Fechas de vendimia y producción de uva

Variedad	Fecha de vendimia	Kg uva/cepa
Corchera	23 de agosto	4,0
Jaén tinto	26 de julio	1,6
Melonera	18 de agosto	2,5
Palomino negro	25 de julio	2,0
Tintilla de Rota	8 de agosto	1,7
Vijiriego negro	23 de agosto	3,5



Los tiempos de maceración de cada variedad se muestran en la Tabla 2. Para las variedades Melonera y Palomino negro (sinónima de Tempranillo) estos tiempos fueron optimizados en trabajos previos [3, 4]. Para el resto de las variedades, se determinó mediante seguimiento de antocianos durante el proceso de maceración.

Tabla 2. Tiempos de maceración

VARIEDAD	TIEMPO DE MACERACIÓN
Corchera	2 h 15 min
Jaén tinto	90 min
Melonera	24 h
Palomino negro	90 min
Tintilla de Rota	20 min
Vijiriego negro	3 h

Los parámetros analizados a los mostos desfangados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Parámetros enológicos de los mostos desfangados

	COR	JT	MEL	PN	TR	VN
Grado Brix	23,1	20,6	23,0	18,7	23,0	23,2
pH	3,28	3,90	3,84	3,75	3,31	3,59
Acidez total (g/L TH₂)	6,33	3,06	2,92	4,32	4,66	3,55
Acido tartárico (g/L)	3,98	3,08	3,28	2,63	3,86	3,84
Acido málico (g/L)	3,27	2,18	1,45	3,52	2,00	1,84
Potasio (mg/L)	1881	1930	1829	1708	1353	1733
N.F.A. (mg/L)	225	176	203	141	190	190
Antocianos (mg/L)	217	158	209	82	236	70
Taninos (g/L)	3,20	0,84	2,73	0,44	1,43	3,45
Intensidad colorante	1,680	0,383	0,909	0,509	2,514	0,556
Tonalidad	0,486	0,763	0,985	0,747	0,635	1,627

En general, los grados Brix de los mostos, coincidieron con los del último muestreo de maduración. No ocurrió lo mismo con la acidez total y el pH, ya que tras el correspondiente tiempo de maceración y el posterior desfangado la acidez disminuyó considerablemente y el pH aumentó.

Los mostos de las variedades Jaén tinto, Melonera, Palomino negro Y Vijiriego negro se corrigieron con ácido tartárico, antes de la fermentación para ajustar el pH a valores de 3,3.

Todos los mostos presentaron valores de NFA superiores a 140 mg/L por lo que no fue necesario añadir nutrientes para el correcto desarrollo de la fermentación alcohólica.

Los mostos de las variedades de mayor contenido en ácido málico fueron los de Corchera y Palomino negro y el de menor contenido en potasio el de Tintilla de Rota. Los mostos con valores más bajos de pH, mayor concentración de antocianos, mayor intensidad colorante y menor tonalidad fueron los de Corchera y Tintilla de Rota.



Determinaciones analíticas de los vinos

Los resultados de las determinaciones analíticas de los vinos se muestran en las Tablas 4, 5, 6, 7 y 8.

Los grados alcohólicos de los vinos estaban en consonancia con los grados Brix de los mostos de partida (Tabla 4). Hay que señalar que las fechas de vendimia de las variedades Corchera, Melonera, Tintilla de Rota y Vijiriego negro coincidieron con olas de calor fuertes y prolongadas (ver Fig. 1), incidiendo directamente en la concentración de azúcares de la uva y, consecuentemente, en una mayor graduación alcohólica de los vinos.

El vino de Corchera destacó por ser el de mayor acidez total, mayor extracto seco y mayor contenido en glicerol y el de Tintilla de Rota por tener mayor cantidad de azúcares reductores.

Tabla 4. Parámetros químico-enológicos

	COR	JT	MEL	PN	TR	VN
Grado alcohólico (% vol.)	14,3	12,4	14,3	11,0	14,3	14,3
pH	3,30	3,32	3,24	3,35	3,35	3,28
Acidez total (g/L TH₂)	8,50	6,12	5,93	5,87	6,36	6,12
Acidez volátil (g/L Ach)	0,30	0,36	0,26	0,16	0,30	0,30
Extracto seco (g/L)	26,38	17,67	18,24	16,35	21,50	20,30
Glicerol (mg/L)	9,73	7,45	7,87	6,83	6,70	8,47
Azúcares reductores (g/L)	3,18	2,37	1,07	1,56	5,00	1,28

En la Tabla 5 se muestran los valores de los ácidos orgánicos analizados en los vinos. Los valores bajos de ácido láctico denotan que los vinos no hicieron la fermentación maloláctica, siendo las concentraciones de ácido málico similares a las de los mostos de partida. Destacar el vino de la variedad Corchera por su mayor contenido en ácido cítrico y málico, que suelen conferir frescor a los vinos.

Tabla 5. Ácidos orgánicos (g/L)

	COR	JT	MEL	PN	TR	VN
Cítrico	0,68	0,24	0,20	0,27	0,25	0,32
Málico	3,69	2,49	1,56	3,17	1,90	1,94
Tartárico	2,18	1,39	2,63	1,38	1,88	1,97
Láctico	0,06	0,08	0,10	0,13	0,06	0,07
Succínico	1,38	1,06	1,19	1,37	0,87	1,55
Acético	0,15	0,26	0,18	0,06	0,20	0,19

Los valores de los metales se encuentran dentro de los rangos habituales de vinos rosados (Tabla 6). Destacan los bajos contenidos de hierro y de cobre de todos los vinos. Aunque los valores de potasio fueron algo elevados, todos los vinos estaban estabilizados por frío, comprobándose dicha estabilidad mediante el test de Boulton.



Tabla 6. Metales (mg/L)

	COR	JT	MEL	PN	TR	VN
Hierro	0,42	0,43	0,36	0,28	0,45	0,28
Cobre	0,03	0,05	0,03	0,04	0,09	0,07
Zinc	0,33	0,46	0,37	0,39	0,49	0,33
Calcio	77,4	73,9	43,4	73,0	55,8	56,7
Potasio	1235	1040	965	1110	1065	1025

En la Tabla 7 se muestran las concentraciones de los compuestos volátiles mayoritarios analizados en los vinos. Los valores de acetaldehído y acetato de etilo se encontraron dentro de los rangos habituales en vinos rosados. Los vinos de Corchera y de Melonera fueron los que tuvieron mayor cantidad de acetato de isoamilo, asociado a aromas frutales, mientras que este compuesto no se detectó en el vino de Jaén tinto.

El vino de la variedad Corchera fue el de mayor contenido en metanol, sin embargo, no fue la variedad de mayor tiempo de maceración.

Tabla 7. Compuestos volátiles mayoritarios (mg/L)

	COR	JT	MEL	PN	TR	VN
Acetaldehído	41,19	35,58	24,40	51,32	29,08	29,23
Acetato de etilo	50,09	22,53	42,22	24,57	42,28	34,52
Acetato de isoamilo	6,16	-	5,88	3,21	4,38	3,18
Metanol	87,45	54,98	50,76	30,39	42,89	45,37
N-propanol	28,09	15,25	23,06	14,27	16,38	20,06
Isobutanol	35,49	39,51	22,20	23,75	24,52	21,49
Isoamílicos	321,53	294,41	184,54	226,73	208,21	201,40
Σ Alcoholes superiores	385,11	349,17	229,8	264,75	249,11	242,95

Respecto a los parámetros relacionados con el color (Tabla 8), el vino de mayor intensidad colorante y mayor cantidad de antocianos fue el de Corchera y en sentido opuesto el de Vijiriego negro que resultó el de menor intensidad colorante y menor cantidad de antocianos. Las tonalidades de todos los vinos salvo el de Vijiriego negro se encontraron en el rango $0,8 \pm 0,2$ que es el adecuado para vinos rosados [5].

Tabla 8. Parámetros relacionados con el color

	COR	JT	MEL	PN	TR	VN
Antocianos (mg/L)	53	45	34	13	38	6
Taninos (g/L)	1,26	0,75	0,77	0,68	0,94	0,86
Índice de Polifenoles Totales	15,96	10,29	10,68	9,43	12,32	11,41
Intensidad colorante	0,594	0,459	0,388	0,185	0,420	0,113
Tonalidad	0,819	0,691	0,835	1,023	0,950	1,391
Coordenada CIELab L*	72,75	81,25	82,08	80,12	76,57	95,32
Coordenada CIELab a*	32,03	23,42	20,99	21,56	26,70	3,11
Coordenada CIELab b*	15,57	6,85	7,46	11,42	12,81	4,50



En la Fig. 2 se representan las coordenadas a^* y b^* del espacio CIELab. El vino de la variedad Vijiriego negro se encuentran por encima de la línea azul, lo que indica que tuvo tono anaranjado, mientras que los vinos del resto de las variedades se encuentran por debajo de esta línea, es decir alcanzaron tonos vivos. El de Vijiriego negro tuvo intensidad baja, los de Melonera Palomino negro y Jaén tinto intensidad media, mientras que los de Corchera y Tintilla de Rota intensidad alta.

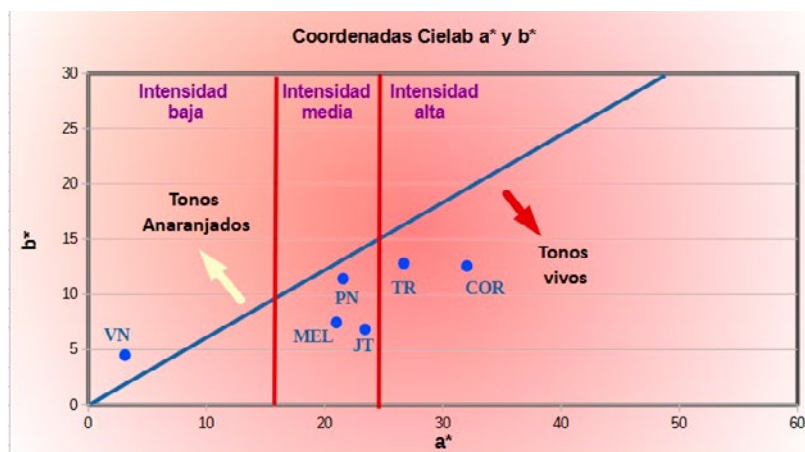


Fig. 2. Representación de las coordenadas CIELab a^* y b^*

Análisis sensorial de los vinos

A los vinos, una vez embotellados, se les realizó un análisis sensorial descriptivo. En la Fig. 3 se muestran los resultados relativos a las fases olfativa y gustativa.

En la fase olfativa se evaluó la intensidad aromática y seis atributos (Fruta roja, Fruta negra, Cítricos, Fruta tropical, Fruta silvestre y Fruta de hueso). Los vinos de las seis variedades fueron evaluados de manera similar en la intensidad aromática y cada uno de ellos destacó por diferentes atributos, el de Palomino negro por fruta de hueso, el de Corchera por fruta silvestre, el de Vijiriego negro por cítricos, el de Tintilla de Rota por fruta negra y los de Melonera y Jaén tinto por fruta roja.

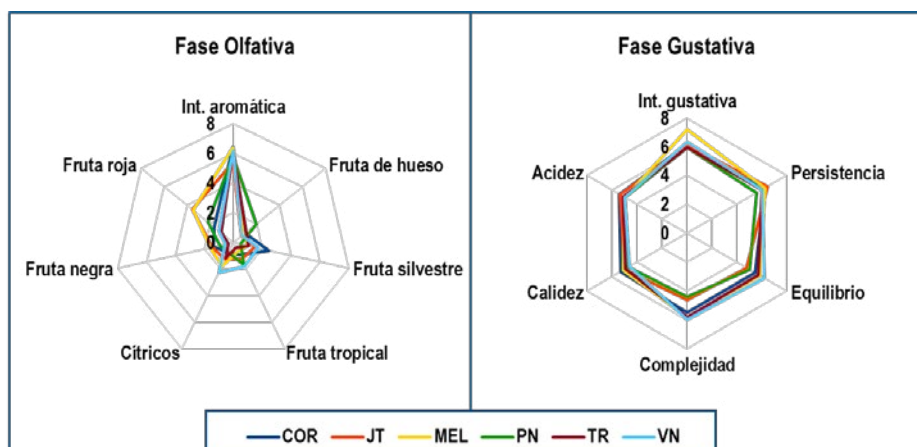


Fig. 3. Fases olfativa y gustativa



En la fase gustativa se evaluó la intensidad del sabor y cinco atributos (Acidez, Calidez, Complejidad, Equilibrio y Persistencia). En intensidad gustativa destacó el de Melonera y los mejor evaluados en complejidad y equilibrio fueron los de Corchera, Melonera, Tintilla de Rota y Vijiriego negro. En el resto de los atributos apenas hubo diferencias.

4. Conclusiones

A la vista de los resultados de los mostos y vinos de las seis variedades estudiadas, se considera que todas ellas son adecuadas para elaborar vinos rosados de calidad en climas cálidos, con alta tipicidad y valor añadido por el hecho de elaborarse a partir de variedades minoritarias andaluzas.

Para obtener un vino rosado a partir de la variedad Vijiriego negro con algo más de intensidad colorante se recomienda mayor tiempo de maceración.

Hay que destacar que la Corchera es una variedad que se caracteriza por tener una acidez elevada cultivada en clima cálido por lo que podría ser una propuesta interesante la utilización de esta variedad por su buena adaptación. Asimismo, habría que reducir el tiempo de maceración para que su intensidad colorante no sea tan elevada.

Las variedades estudiadas muestran matices organolépticos distintos, diferencias analíticas, sensoriales y diversa gama de colores, por lo que se abre una amplia gama de posibilidades para el viticultor pudiendo elaborar vinos singulares con alta diversidad en un mercado emergente como es el de los vinos rosados.

5. Bibliografía

1. O.I.V. **Recueil des méthodes internationales d'analyse des vins et des moûts**. Paris. Office International de la Vigne et du Vin, 2023.
2. C.I.E. 1986. **Colorimetry**. 2nd Edition. CIE Publication num.15.2. Viena.
3. PUERTAS, B.; JIMÉNEZ, M.J.; SERRANO, M.J.; FERNÁNDEZ, M.I.; GUTIÉRREZ, R.; CANTOS-VILLAR, E. 2015. **Potencial de la variedad Melonera para la elaboración de vinos rosados**.
<http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/servifapa/vidyvino>.
4. PUERTAS, B.; JIMÉNEZ, M.J.; SERRANO, M.J.; FERNÁNDEZ, M.I.; GUTIÉRREZ, R.; GUERRERO, R.; CANTOS-VILLAR, E. 2015. **Potencial de la variedad Tempranillo para la elaboración de vinos rosados**.
<http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/servifapa/vidyvino>.
5. FLANZY, C; MASSON G.; MILLO F. 2009. **Le Vin Rosé**. Féret Editions.

6. Agradecimientos

Los resultados presentados han sido obtenidos en el marco del proyecto "Adaptación de la vitivinicultura andaluza a los nuevos escenarios ecoclimáticos y de consumo. Experimentación, transferencia y divulgación. (ADAPTAVITI), con el código PP.TRA23.TRA2023.006 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 2021-2027.

Aplicación de levaduras no-*Saccharomyces* en la fermentación de mosto de Albariño y Lado

Estefanía García-Luque¹, Rebeca González¹, Rafael Cao¹ y Pilar Blanco²

¹A Granxa D'Outeiro, Francelos, Ribadavia, Ourense, 32418-Coordenadas (42.2745221, -8.1626866)

²Estación de Viticultura e Enología de Galicia (EVEGA-AGACAL), Ponte San Clodio s/n, 32428, Leiro-Ourense.
E-mail: pilar.blanco.camba@xunta.gal

Resumen

El uso de levaduras no-*Saccharomyces* durante la fermentación permite modificar las características del vino. En este estudio las cepas *Metschnikowia fructicola* Mf278 y *Pichia kluyveri* Pk1 se han aplicado mediante inoculación secuencial con *Saccharomyces cerevisiae* XG3 para la fermentación de mostos de Albariño y Lado. Los ensayos se realizaron por triplicado en depósitos de acero inoxidable de 5L en una cámara con temperatura controlada a 17°C. Mf 278 y Pk1 predominaron en la fase inicial de las fermentaciones donde fueron inoculadas. Tras la la adición secuencial de XG3 se observó una codominancia de distintas cepas de *S. cerevisiae*. *M. fructicola* Mf278 y *P. kluyveri* Pk1 aportaban a los vinos un contenido diferencial de ésteres, acetatos y ácidos que destacaba sobre los vinos elaborados con solo *S. cerevisiae*, siendo además mejor valorados a nivel sensorial.

1. Introducción

El potencial de las levaduras no-*Saccharomyces* en la elaboración de vino ha sido reconocido y demostrado desde hace tiempo. Su papel está relacionado, no sólo con la modificación del perfil aromático y sensorial de los vinos favoreciendo su complejidad, sino también con la reducción de alcohol y aumento de acidez (Ciani et al., 2010; Jolly et al., 2014; Padilla et al., 2016). En particular, *Metschnikowia* spp. es de las especies más investigadas en enología por su presencia habitual en la etapa inicial de la fermentación. Aunque de bajo poder fermentativo y moderada resistencia a etanol, *Metschnikowia* produce compuestos aromáticos positivos en el vino y tiene potencial antimicrobiano (Vicente et al., 2020). Menos extendida está la aplicación de *Pichia Kluyveri*, también una levadura poco o no fermentativa, relacionada con el aumento de ésteres y tioles varietales en el vino (Vicente et al., 2021).

En un estudio preliminar realizado en Evega se seleccionaron distintas cepas de levaduras no-*Saccharomyces* y se evaluó su potencial enológico destacando positivamente cepas de *Metschnikowia* spp., *P. kluyveri* y *Lachancea thermotolerans* (Blanco et al., 2021). Además, *Metschnikowia fructicola* Mf278 daba lugar a vinos de Treixadura con mayor contenido de compuestos aromáticos y mejor valorados a nivel sensorial que otras levaduras (Castrillo et al., 2019). Evega colabora con Granxa D'Outeiro en un proyecto en el que se están caracterizando las levaduras propias de esta explotación. En este trabajo presentamos los resultados de la aplicación de dos levaduras no-*Saccharomyces* (*Metschnikowia fructicola* y *Pichia kluyveri*) mediante inoculación secuencial en la fermentación de Albariño y Lado (variedades de uva blanca tradicionales de Galicia). Se ha evaluado la cinética fermentativa, la implantación de las levaduras y su influencia sobre las características químicas y sensoriales de los vinos.



2. Material y Métodos

2.1. Mosto, levaduras y preparación de inóculos

En este trabajo se ha utilizado mosto de las variedades Lado y Albariño procedentes de la finca de Granxa D'Outeiro: Ambas son variedades de uva blanca tradicionales de Galicia. Lado es una variedad de uso minoritario, especialmente en la DOP Ribeiro. Albariño es una variedad blanca mayoritaria de Galicia. Las características del mosto se indican en la Tabla 1.

Las cepas de levaduras no-*Saccharomyces* utilizadas fueron *Metchnikowia fructicola* Mf278 (Colección de levaduras de Evega) y *Pichia kluyveri* Pk1 (Granxa D'Outeiro). Estas levaduras se añadieron como primer inóculo y la cepa *Saccharomyces cerevisiae* XG3 (Evega) como segundo inóculo. Los inóculos se prepararon como se indica en Blanco et al. (2013).

2.2. Fermentación y control microbiológico

Los ensayos se realizaron por triplicado en depósitos de acero inoxidable de 5L en una cámara con temperatura controlada a 17°C, inoculando 1×10^8 cél/mL de la levadura No-*Saccharomyces* en los depósitos correspondientes (en el control de fermentación espontánea no se inoculó levadura). En las fermentaciones con levaduras no-*Saccharomyces*, una vez iniciada la fermentación se inoculó *S. cerevisiae* XG3 de forma secuencial. La evolución de las fermentaciones se siguió mediante la medida diaria de la densidad y la temperatura. Al inicio de la fermentación (Fi) y durante la fase tumultuosa (Ft) y final (Ff) se tomaron muestras para el control de implantación de las levaduras inoculadas. Una vez terminada la fermentación, los vinos se trasegaron y sulfitaron (50 mg/L), se estabilizaron por frío, y se embotellaron para posteriores análisis (químico y sensorial).

Para el control microbiológico las muestras de mosto y fermentación se diluyeron de forma adecuada y se sembraron en medio WL Nutrient Agar (Scharlau Microbiology). Las placas se incubaron a 28 °C hasta la aparición de colonias visibles, tras lo cual se procedió al recuento de levaduras y al aislamiento de un número representativo de colonias de cada muestra para su posterior identificación. Los aislados se crecieron en Lysine Medium (Oxoid) para su diferenciación en levaduras de tipo *Saccharomyces* y no-*Saccharomyces*. La identificación de las levaduras a nivel de especie se realizó mediante amplificación por PCR del gen 5.8S rRNA y dos espaciadores ribosomales internos (ITS) (Esteve-Zarzoso et al., 1999). Aquellos aislados identificados como *Saccharomyces* se caracterizaron a nivel de cepa mediante la técnica de análisis de los patrones de restricción del mtDNA (mtDNA-RFLPs) según el protocolo descrito por Querol et al. (1992).

2.3. Análisis químicos y sensorial

Para el análisis del mosto y de los vinos se utilizaron los métodos oficiales (OIV, 2023). Se determinaron: grado alcohólico, azúcares reductores, acidez total, acidez volátil, pH, glicerol y sulfuroso libre y total. El análisis de los perfiles de aromas fermentativos se llevó a cabo mediante cromatografía de gases con detector de masas CG-MS, con un límite de cuantificación de 10 µg/L y una incertidumbre estimada de +/- 25%. En la evaluación sensorial de los vinos participó un panel de 9 catadores con experiencia en vinos gallegos.



3. Resultados

3.1. Cinética fermentativa

La evolución de las fermentaciones con Albariño y Lado se muestra en la Fig. 1. Con la variedad Albariño la curva de los distintos ensayos era similar, aunque en los inoculados con las levaduras no-*Saccharomyces* el descenso rápido de la densidad en fase tumultuosa tenía lugar un día más tarde (día 6). La fermentación espontánea y el control inoculado con *S. cerevisiae* mostraron una cinética muy parecida. La temperatura se mantuvo controlada a $17\pm 1^{\circ}\text{C}$ durante todo el proceso. La fermentación con la variedad Lado fue más irregular y se observó una ralentización del proceso sobre el día 7.

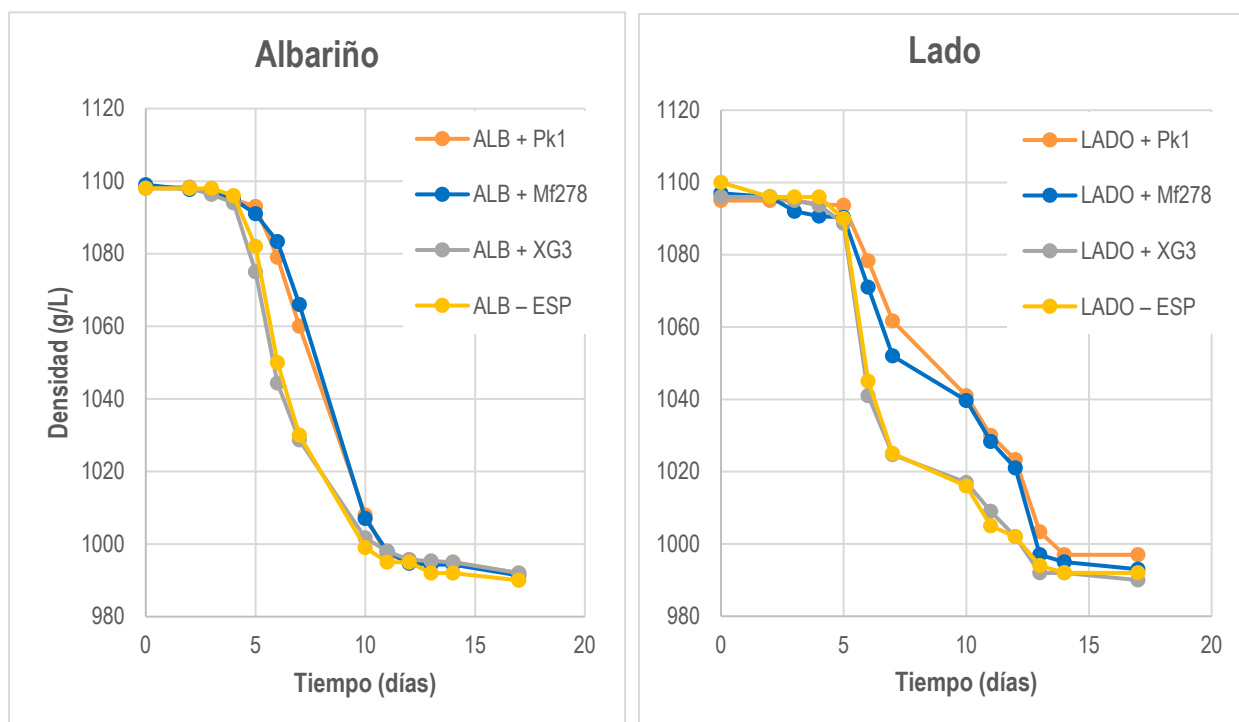


Fig.1. Evolución de las fermentaciones de Albariño y Lado inoculadas con distintas especies de levaduras.

3.2. Control microbiológico

El mosto desfangado de Albariño y Lado contenía $9,2 \times 10^2$ y $3,3 \times 10^2$ cél/mL respectivamente, una cantidad bastante baja de levaduras. Este dato podría explicar porque incluso la fermentación inoculada tardó hasta 4 días en arrancar. En las fermentaciones con Albariño al inicio de fermentación la población había alcanzado $2,0 \times 10^7$, aumentó hasta $1,0 \times 10^8$ en fase tumultuosa para disminuir de nuevo hasta $4,0 \times 10^7$ cél/mL hacia el final. Con la variedad Lado la población media en las fermentaciones era de $2,7 \times 10^7$ en la fase inicial, aumentó hasta



$5,7 \times 10^7$ en fase tumultuosa y descendía al final de fermentación hasta $3,3 \times 10^7$ cél/mL. A nivel cualitativo, *P. kluyveri* 1 y *M. fructicola* 278 eran las levaduras dominantes en la fase inicial de las fermentaciones donde fueron inoculadas. Como se esperaba, al añadir el segundo inóculo su presencia disminuyó de forma drástica. Así, en las fases tumultuosa y final fue *S. cerevisiae* la levadura predominante. En las fermentaciones monocultivo con XG3 esta cepa actuó en codominancia con otras *S. cerevisiae*. Sin embargo, cuando esta cepa se añadió como segundo inóculo no fue capaz de dominar sobre las levaduras presentes ya en el mosto, como se muestra en la Fig. 2. En las fermentaciones con Albariño predominaron las cepas H, I y B; XG3 aparecía con una frecuencia <10%. Con la variedad Lado las cepas mayoritarias fueron diferentes: B y C; XG3 estaba presente por encima del 20% en las fermentaciones con Mf278 y por encima del 10% en el caso de las vinificaciones con Pk1.

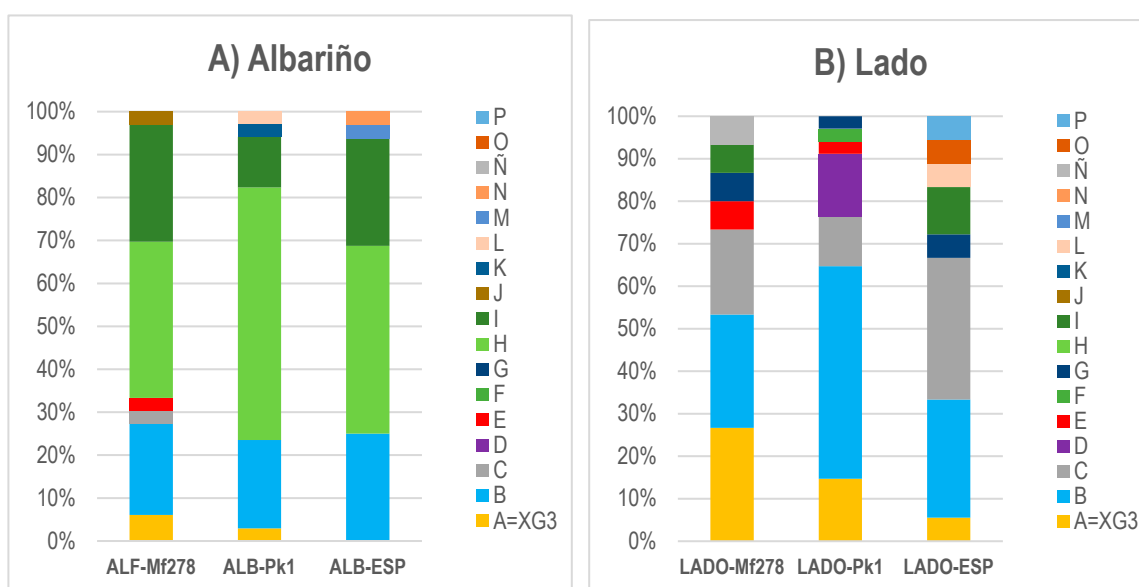


Fig. 2. Presencia de diferentes cepas de *S. cerevisiae* en las fermentaciones de A) Albariño y B) Lado. Las letras A hasta P indican diferentes cepas de *S. cerevisiae*.

3.3. Caracterización química de los vinos

El análisis químico básico de los vinos Albariño mostró diferencias significativas entre las distintas levaduras en el contenido de azúcar (más elevado en las fermentaciones con XG3), acidez volátil (menor en los vinos de Mf278) y glicerol (mayor en los vinos de Mf278) (Tabla 1). El grado alcohólico era más elevado en la fermentación espontánea y las inoculadas con Pk1 y *S. cerevisiae* que en la llevada a cabo con MF278, aunque las diferencias no eran significativas.

Con los vinos de la variedad Lado se observó la misma tendencia en la acidez volátil y glicerol con la levadura Mf278 (Tabla 1). Sin embargo, en este caso fue el vino fermentado con Pk1 el que quedó con azúcares sin fermentar.



Tabla 1. Características de los vinos obtenidos de la fermentación con distintas levaduras de mosto Albariño y Lado.

Variedad y parámetro	Mosto	Mf278	Pk1	XG3	ESP
ALBARIÑO					
Grado Alcohólico/probable (%vol)	13.4	12.5±0.6	12.9±0.7	12.7±0.4	13.5
Glucosa + Fructosa (g/L)/Brix*	22.9	0.2±0.0 ^a	1.6±0.6 ^a	3.3±1.4 ^b	0.3
Acidez Total (g tart/L)	5.9	5.6±0.1	5.5±0.1	5.7±0.1	5.8
Acidez Volátil (g acético/L)*		0.28±0.01 ^a	0.35±0.06 ^b	0.39±0.06 ^b	0.27
pH (-)	3.47	3.49±0.01	3.52±0.02	3.52±0.01	3.52
Glicerol (g/L)*		6.6±0.3 ^b	5.7±0.2 ^a	6.2±0.1 ^a	5.9
LADO					
Grado Alcohólico/probable (%vol)	13.3	13.3±0.6	12.9±0.4	13.1±0.6	13.4
Glucosa + Fructosa (g/L)/Brix *	22.8	2.7±0.8 ^a	7.9±2.6 ^b	0.8±0.3 ^a	3.2
Acidez Total (g tart/L)	6.0	6.1±0.1	6.1±0.2	6.2±0.0	6.3
Acidez Volátil (g acético/L) *		0.39±0.02 ^a	0.46±0.03 ^b	0.45±0.01 ^{ab}	0.34
pH (-)	3.47	3.46±0.00	3.44±0.02	3.45±0.00	3.43
Glicerol (g/L) *		6.7±0.1 ^b	5.7±0.2 ^a	5.7±0.2 ^a	5.6

*Los datos son la media de tres repeticiones ± SD (excepto la fermentación ESP). Diferentes letras en la misma fila indican diferencias significativas para ese parámetro entre los vinos elaborados con las distintas levaduras y esa variedad.

El perfil de aromas fermentativos de los vinos permitió diferenciar entre los vinos elaborados mediante fermentación secuencial con las levaduras no-*Saccharomyces* de los inoculados solo con *S. cerevisiae*. En la Fig. 3 se muestra el resultado del análisis de componentes principales de los vinos de Albariño y Lado teniendo en cuenta los compuestos que presentaron diferencias significativas entre los ensayos. Con ambas variedades los vinos inoculados con XG3 y la fermentación espontánea se localizaron en la parte izquierda del componente 1 caracterizados por un mayor contenido de hexanol y 2-feniletanol. Los vinos Albariño de Mf278 y Pk1 se agruparon en el tercer cuadrante y presentaban un mayor contenido de ácidos, acetatos y ésteres. Con la variedad Lado se separaban además los vinos elaborados con Mf278 (segundo cuadrante) de los obtenidos con Pk1 (tercer cuadrante). En este sentido los vinos de Mf278 se caracterizaban por su contenido de 2-feniletanol, acetato de etilo y butirato de etilo mientras que en los vinos de Pk1 destacaban por una mayor concentración de ésteres, ácidos y acetato de 2-feniletano. Estos resultados coinciden con los descritos para *P. kluyveri* en otros estudios (Vicente et al., 2021).

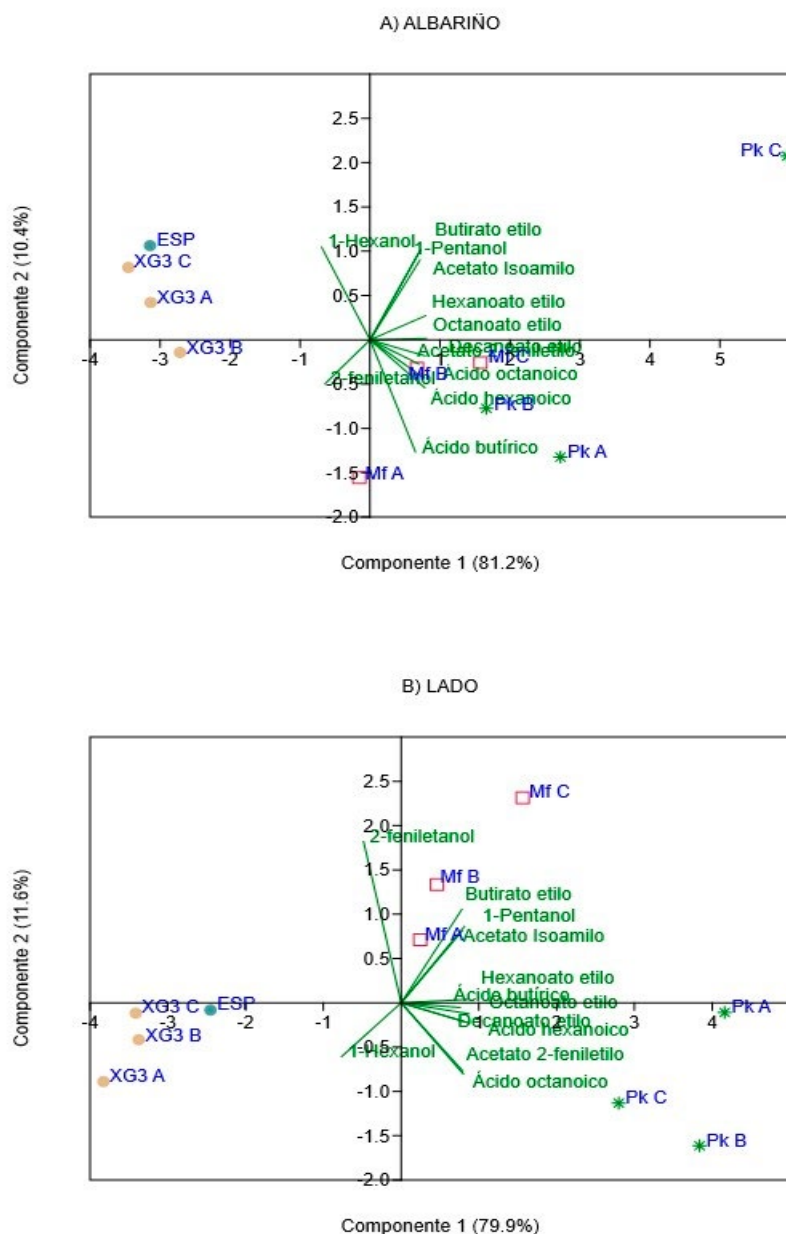


Fig. 3. Análisis de componentes principales de los vinos de Albariño y Lado elaborados con distintas levaduras. Biplot de los dos primeros componentes para los aromas fermentativos que mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los ensayos realizados.



3.4. Evaluación sensorial de los vinos

En los resultados de cata de los vinos elaborados con distintas levaduras destacaron los obtenidos mediante inoculación secuencial. En general, estos vinos presentaron mayor puntuación a nivel global y para distintos descriptores aromáticos como notas florales o a distintos tipos de fruta (Fig. 4A y 4B). Además, también eran los vinos preferidos por los catadores (Fig. 4C); el elaborado con Mf278 con la variedad Lado y el elaborado con Pk1 en el caso de la variedad Albariño.

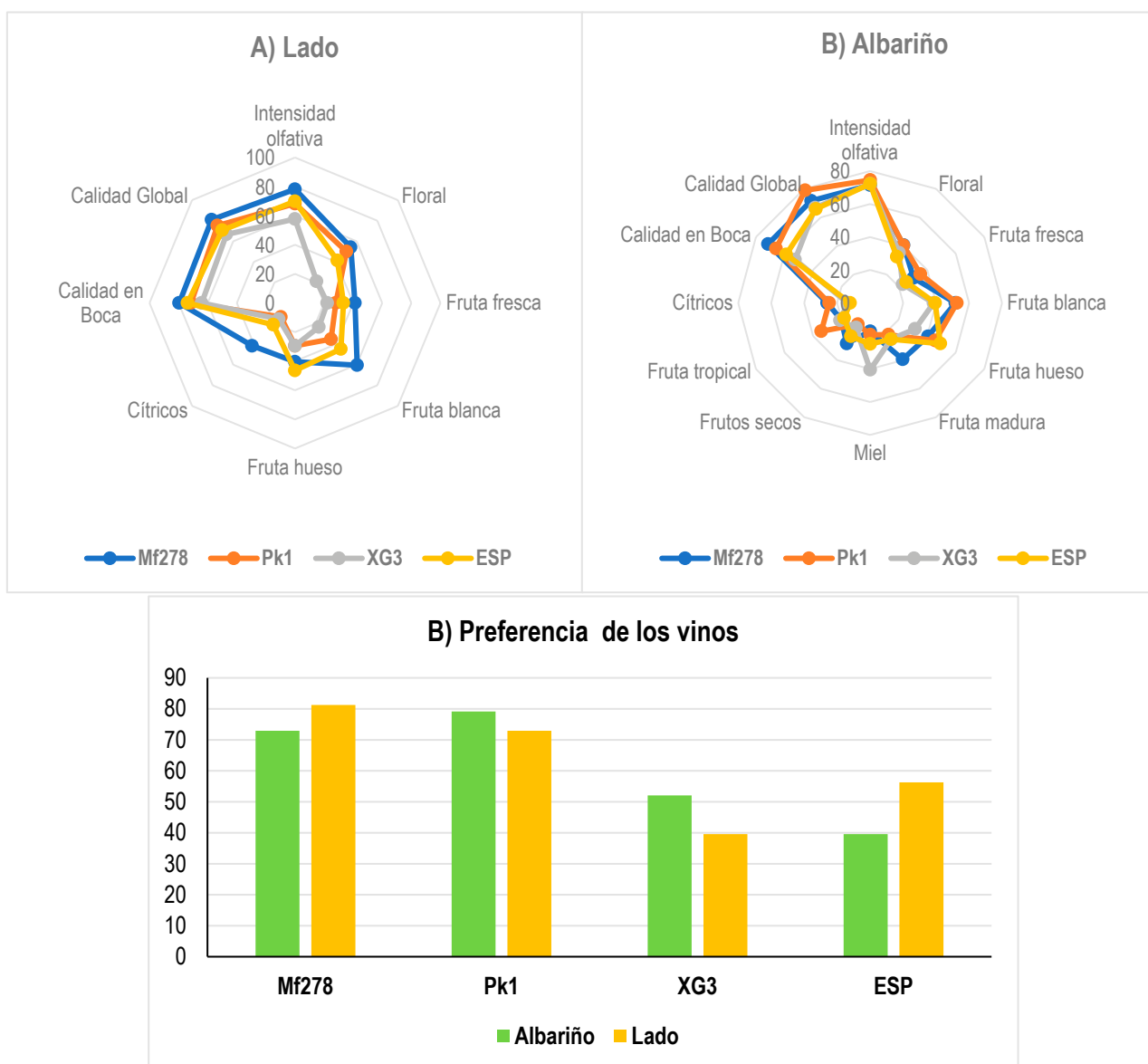


Fig. 4. Perfil sensorial de los vinos Lado (A) y Albariño (B) elaborados con distintas levaduras (se incluyen los descriptores con media geométrica mayor del 25% en al menos unos de los vinos. C). Preferencia de los catadores por los vinos.



4. Conclusiones

El uso de las levaduras *Metchnikowia fructicola* Mf278 y *Pichia kluyveri* Pk1 mediante inoculación secuencial permitió modificar el perfil químico y sensorial de vinos de las variedades Albariño y Lado. Las levaduras no-*Saccharomyces* aportaron notas florales y afrutadas dando lugar a vinos más complejos que eran preferidos por los catadores.

5. Bibliografía

1. BLANCO, P.; CASTRILLO, D.; GRAÑA, M.J.; LORENZO, M.J.; SOTO, E. 2021. **Evaluation of Autochthonous Non-*Saccharomyces* Yeasts by Sequential Fermentation for Wine Differentiation in Galicia (NW Spain)**. *Fermentation*, 7, 183. <https://doi.org/10.3390/fermentation7030183>
2. BLANCO, P.; MIRÁS-AVALOS, J.M.; PEREIRA, E.; ORRIOLS, I. 2013. **Fermentative aroma compounds and sensory profiles of Godello and Albariño wines as influenced by *Saccharomyces cerevisiae* yeast strains**. *J Sci Food Agric*. 93: 2849–2857.
3. CASTRILLO, D.; RABUÑAL, E.; NEIRA, N.; BLANCO, P. 2019. **Oenological potential of non-*Saccharomyces* yeasts to mitigate effects of climate change in winemaking: Impact on aroma and sensory profiles of Treixadura wines**. *FEMS Yeast Res*. 19, 1–11.
4. CIANI, M.; COMITINI, F.; MANNAZZU, I.; DOMIZIO, P. 2010. **Controlled mixed culture fermentation: a new perspective on the use of non-*Saccharomyces* yeasts in winemaking**. *FEMS Yeast Res*. 10: 123-133.
5. ESTEVE-ZARZOSO, E.; BELLOCH, C.; URUBURU, F.; QUEROL, A. 1999. **Identification of yeasts by RFLP analysis of the 5.8S rRNA gene and the two ribosomal internal transcribed spacers**. *Int J Syst Bacteriol*. 49: 329-337.
6. JOLLY, NP.; VARELA, C.; PRETORIUS, IS. 2014. **Not your ordinary yeast: non-*Saccharomyces* yeasts in wine production uncovered**. *FEMS Yeast Res*. 14: 215-237.
7. OIV. International Organization of Wine. 2023. **Compendium of international methods of wine and must analysis**. Vol. 1 y 2. Paris. <http://www.oiv.int>.
8. PADILLA, B.; GIL, J. V.; MANZANARES, P. 2016. **Past and future of non-*Saccharomyces* yeasts: From spoilage microorganisms to biotechnological tools for improving wine aroma complexity**. *Front. Microbiol*. 7, 1–20, doi:10.3389/fmicb.2016.00411.
9. QUEROL, A.; BARRIO, E.; HUERTA, T.; RAMÓN, D. 1992. **Molecular Monitoring of Wine Fermentations Conducted by Active Dry Yeast Strains**. *Appl Environ Microbiol*. 58, 2948-2953.
10. VICENTE, J.; RUIZ, J.; BELDA, I.; BENITO-VÁZQUEZ, I.; MARQUINA, D.; CALDERÓN, F.; SANTOS, A.; BENITO, S. 2020. **The Genus *Metchnikowia* in Enology**. *Microorganisms*. 8, 1038.
11. VICENTE, J.; CALDERÓN, F.; SANTOS, A.; MARQUINA, D.; BENITO, S. 2021. **High Potential of *Pichia kluyveri* and Other *Pichia* Species in Wine Technology**. *Int. J. Mol. Sci*. 22,1196. <https://doi.org/10.3390/ijms22031196>

6. Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por el proyecto FEADER 2022/009A cofinanciado con fondos de FEADER (75%), Xunta de Galicia (22.5%) y (MAPA) (2.5%).

Control de fraudes mediante la RMN de protón de vinos. Modelos de Origen y Variedad.

Eva López-Rituerto,^a Dora Pituk,^b Birk Schütz,^b Vanesa Rodríguez-Crespo,^a Pedro M. Puras Maestu,^a Elena Meléndez,^a

^a *Consejería de Agricultura, Ganadería, Mundo Rural y Medio Ambiente de La Rioja. Dirección General de Agricultura y Ganadería. Servicio de Investigación Agraria. Estación Enológica de Haro, Avd./ Bretón de los Herreros 4, 26200 Haro, La Rioja. Spain, 941294170, elrituerto@larioja.org*

^b*Bruker BioSpin GmbH & Co. KG Rudolf-Plank-Str. 23 76275 Ettlingen Germany*

Resumen

La Estación Enológica de Haro (EEH) continúa buscando análisis innovadores que puedan ayudar a sus clientes y con este objetivo ha desarrollado, junto a la empresa Bruker, varias líneas de aplicación de la RMN (Resonancia Magnética Nuclear) de protón. El equipo Wine-Profiling™, permite la evaluación de consistencia de una muestra de vino con modelos de origen y variedad. La obtención de unos resultados veraces y fiables recae sobre la base de datos, haciendo imprescindible que la selección de los vinos sea una parte fundamental de esta técnica. Por ello, es necesario conocer tanto la trazabilidad de las muestras como la región a muestrear, con el fin de configurar adecuadamente las necesidades de la región, así como elegir los tipos de vino más representativos. Desde 2015, la EEH ha analizado alrededor de 7.000 vinos españoles de diferentes zonas vitivinícolas, conformando con ellos numerosos modelos de origen y variedad con una gran sensibilidad y un error de clasificación muy bajo que permite evaluar la consistencia de un vino problema con los mismos. La conformación de estos modelos y el control de trazabilidad de la base de datos que los conforman, ha sido posible gracias a la colaboración de diferentes Estaciones Enológicas españolas, así como Consejos Reguladores de diversas denominaciones de origen.

1. Introducción

La empresa Bruker ha desarrollado varias líneas de aplicación de la técnica de RMN de protón en el control y análisis del vino y, como socio de la base de datos de vinos españoles, la EEH, ha colaborado con ellas. El equipo Wine-Profiling™, que permite obtener la “huella dactilar” de un vino, tiene una gran versatilidad permitiendo adaptar el análisis a las necesidades específicas del cliente, ya que, puede utilizarse tanto para el autocontrol como para la detección de fraudes, o la mejora del proceso productivo, entre otros fines, abriendo un abanico de posibilidades muy importantes al servicio del sector vitivinícola. Pero, lo que realmente diferencia a este equipo, es la evaluación de la consistencia de los vinos por origen y variedad. La EEH es el único laboratorio español que cuenta con un equipo Wine-Profiling™ y además es socio exclusivo de Bruker en la creación de la base de datos de vinos españoles, con el que se desarrollan los modelos utilizados para la evaluación de consistencia en todo el mundo.

La obtención de unos resultados veraces y fiables recae sobre la base de datos, haciendo imprescindible que la selección de los vinos sea una parte fundamental de esta técnica. No existen en el mercado patrones de vino en cuanto a origen, variedad..., al estilo de parámetros analíticos,



como por ejemplo un patrón de pH. Por ello, es necesario conocer tanto la trazabilidad de las muestras como la región a muestrear, con el fin de configurar adecuadamente las necesidades de la región, así como elegir los tipos de vino más representativos. Por ello, todas las muestras aportadas por la EEH han sido obtenidas a través de instituciones oficiales como las Estaciones Enológicas españolas, así como los Consejos Reguladores de las denominaciones de origen de las diferentes Comunidades Autónomas.

Desde 2015, la EEH ha analizado alrededor de 7.000 vinos españoles de diferentes zonas vitivinícolas, conformando con ellos numerosos modelos de origen y variedad con una gran sensibilidad y un error de clasificación muy bajo que permite evaluar la consistencia de un vino problema con los mismos.

2. Material y Métodos

La Comunidad Autónoma de La Rioja adquirió en 2014 el equipo Wine-Profiling™ de Bruker, una herramienta innovadora para el análisis de vino mediante espectroscopia de RMN.[1] El principal objetivo fue establecer la Estación Enológica de Haro, como laboratorio de referencia para la evaluación de la autenticidad y el control de calidad del vino en España, adhiriéndose como socio a la red de bases de datos de espectros de RMN de protón de vinos de Bruker.

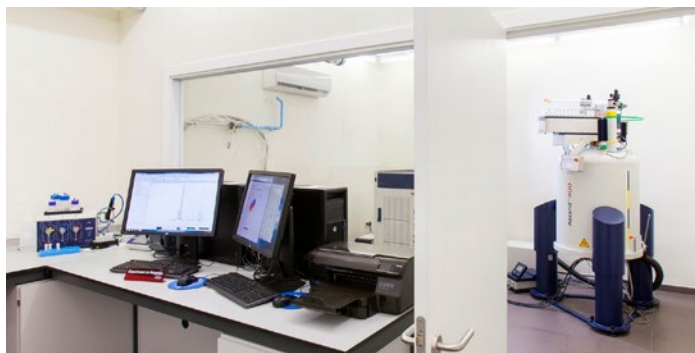


Fig. 1. Equipo Wine-Profiling™ en el laboratorio de RMN de la Estación Enológica

La Resonancia Magnética Nuclear es una técnica muy versátil. Su ámbito de aplicación es muy diverso y abarca diferentes campos, desde el clínico para la identificación de marcadores de enfermedades, hasta el alimentario, para la evaluación de la consistencia del origen de alimentos y bebidas o en el terreno de la investigación vitivinícola. Una de las funcionalidades más interesantes del Wine-Profiling™ es la obtención de un espectro de señales muy complejo, ya que todos los compuestos que contienen protones en su estructura van a generar al menos una señal en el espectro, circunstancia que caracteriza a la inmensa mayoría de los compuestos presentes en el vino. Este espectro es único para cada vino y recoge gran cantidad de información, haciendo que se le conozca como “huella dactilar. Esta característica tan particular es utilizada para la construcción de modelos estadísticos utilizando una base de datos conformada por vinos considerados patrones de la característica que se quiere modelar, por ejemplo, País-España y pueden ser utilizados para comparar y ver la consistencia de un vino “problema” con el modelo en cuestión.

Este equipo posee una versatilidad que hace posible adaptar el análisis a las necesidades específicas del cliente, ya que puede ser utilizado tanto para el autocontrol como para la detección



de fraudes o la mejora del proceso de elaboración, entre otras finalidades, abriendo un abanico de posibilidades muy importantes al servicio del sector del vino. Además, este equipo también actúa como autoanalizador. La metodología Wine-Profiling™ proporciona una visión global de la analítica del vino, al ofrecer información de un gran número de parámetros. En concreto, se analizan 52 parámetros de diferentes familias de compuestos: parámetros rutinarios como etanol, azúcares o ácidos como el málico y el láctico, pero también alcoholes superiores, aminoácidos, algunos polifenoles y conservantes. Esta metodología ha sido incorporada por la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV) como método oficial [2] para la determinación de alguno de estos parámetros

Este equipo de RMN de ¹H, junto con la metodología Wine-Profiling™, ha supuesto una revolución en el campo del análisis del vino, ya que permite disponer de una herramienta hasta ahora inexistente como es la de poder establecer la consistencia o no, con una probabilidad dada, de un vino frente a un modelo establecido de origen (país, zona, DO...) y/o variedad. Hasta la fecha, es el único equipo que está disponible para este análisis con muestras de vino comerciales. Existen muchos trabajos de investigación, pero ninguno de ellos ha podido dar el paso a su aplicación en situaciones reales de mercado, como lo ha hecho el Wine-Profiling™.

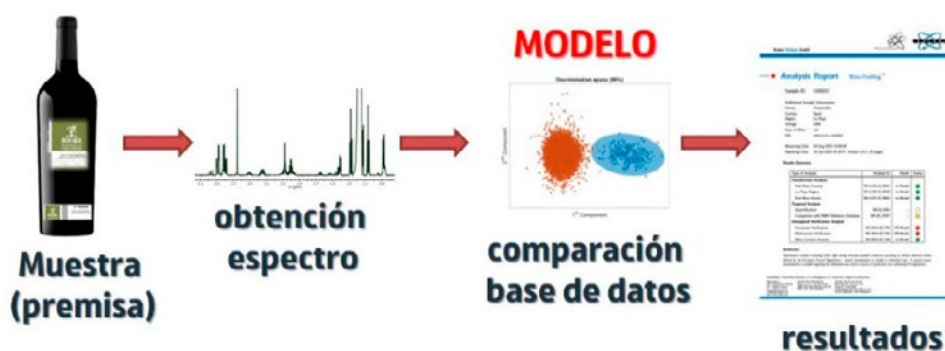


Fig. 2. Proceso analítico del equipo Wine-Profiling™

Este método funciona partiendo de unas premisas (por ejemplo, lo que indica la etiqueta sobre país, variedad y denominación de origen) que se quieren comprobar si son ciertas. Para ello, se obtiene el espectro del vino y se enfrenta al modelo correspondiente de la premisa que se quiere confirmar, comprobando si la muestra problema es consistente o no con las muestras de modelo. Para ello, es necesario construir previamente el modelo, utilizando los espectros de la base de datos. Cada valoración de estos vinos (variedad, origen...) necesitarán un modelo propio (Figura 2). Para que los resultados sean confiables, las muestras que componen la base de datos deben ser auténticas y con trazabilidad contrastada. Además, es necesario conocer en qué zona se está ensayando para poder elegir el tipo de vino y adaptar la selección a las necesidades y peculiaridades de cada región.

Desde 2015 EEH está trabajando con la empresa Bruker en el desarrollo de una base de datos de vinos españoles, analizando más de 7000 vinos españoles para este fin. En la recogida de muestras han colaborado diferentes instituciones españolas, que pueden “garantizar” la trazabilidad de las muestras tomadas. De hecho, todas las muestras entregadas a la EEH han sido recogidas por otros Laboratorios Oficiales similares a EEH o por Consejos Reguladores de las



Denominaciones de Origen en toda España. Cada una de estas entidades ha elegido muestras en función de su variedad de uva, técnica de elaboración del vino y tipicidad regional.

La preparación de las muestras se llevó a cabo siguiendo un procedimiento normalizado [3] que consiste en el ajuste automático del pH del vino mediante una unidad de ajuste de pH, BTpH de Bruker; Los vinos se diluyeron con tampón fosfato de potasio al 10% en D₂O. Se usó sal sódica del ácido 3-(trimetilsilil) propiónico-2,2,3,3-d₄ (TSP) como estándar interno para hacer referencia al desplazamiento químico de 0 ppm. El pH final de las soluciones se ajustó a $3,10 \pm 0,02$. De esta manera, se mezclaron 900 μ L de vino con 100 μ L de tampón y el pH se ajustó al mismo pH del vino de referencia, exactamente 3,10 ($\pm 0,02$ unidades de pH) con NaOH o HCl 1 M. De esta mezcla, se transfirieron 600 μ l a un tubo de RMN de 5 mm y se obtuvieron los espectros de los vinos. Estos espectros de RMN de protón se recogieron en un Bruker Advance HD de 400,13 MHz para protón, adaptado para el análisis de vinos a través de la aplicación Wine-Screener. La adquisición de espectros se realizó con el software TOPSPIN (versión 3.2). Todos los espectros se adquirieron a $300 \pm 0,1$ K. y se realizaron con la secuencia de pulsos estándar para la supresión múltiple de agua y etanol (pulso del programa noesygpps1d.comp1). La ventana espectral fue de 20,55 ppm y 32 scans y 4 dummy scans. El retardo entre pulsos (d1) se fijó en 4 s y la ganancia del receptor (RG) en 16. Los espectros se adquirieron utilizando las herramientas TOPSHIM y el NMR SAMPLETRACK que permite el análisis automático de varias muestras.

3. Resultados

A la hora de elaborar modelos estadísticos es necesario saber antes de nada cual es el objetivo que se quiere alcanzar, para construir modelos útiles para tal fin. Estos modelos debían ser utilizados por el Wine-Profiling™ de Bruker a nivel mundial para poder evaluar la consistencia de origen y variedad para vinos españoles blancos, tintos y rosados.

El punto de partida fue construir el modelo de España para los tres tipos de vino para continuar con las regiones y Denominaciones de Origen con mayor producción y exportación. Estos modelos debían incluir aquellos vinos que estuvieran fácilmente disponibles tanto en el mercado nacional como en el internacional. Por lo tanto, en una primera instancia, sólo unas pocas regiones tienen el modelo de su origen, pero como la base de datos estará en constante desarrollo, se espera seguir aumentando la lista de modelos con el fin de que la gran mayoría de las Denominaciones de Origen españolas dispongan de su modelo para su autocontrol y defensa de su marca frente a posibles fraudes. Todo el vino fue analizado en el laboratorio de la EEH y con estos espectros Bruker BioSpin en Alemania desarrolló los modelos. Estos modelos empleados por el Wine-Profiling™ se basan en el análisis discriminante lineal para la reducción de dimensiones, seguido de un análisis discriminante lineal (o cuadrático) para la clasificación final. El modelo se valida internamente por validación cruzada mediante la división de la base de datos que conforma el modelo en dos subconjuntos uno con el 90% de los espectros y otro con el 10 % de los espectros que salen del modelo y se utilizan para validar. Esta operación de subdivisión en dos conjuntos se repite tantas veces como sea necesaria para que todos los vinos del modelo hayan formado parte al menos una vez del conjunto de validación. Además, se lleva a cabo una validación externa con un conjunto de vinos totalmente independiente de aquellos que forman el modelo y que indicará la sensibilidad y la especificidad del modelo (Figura 3).

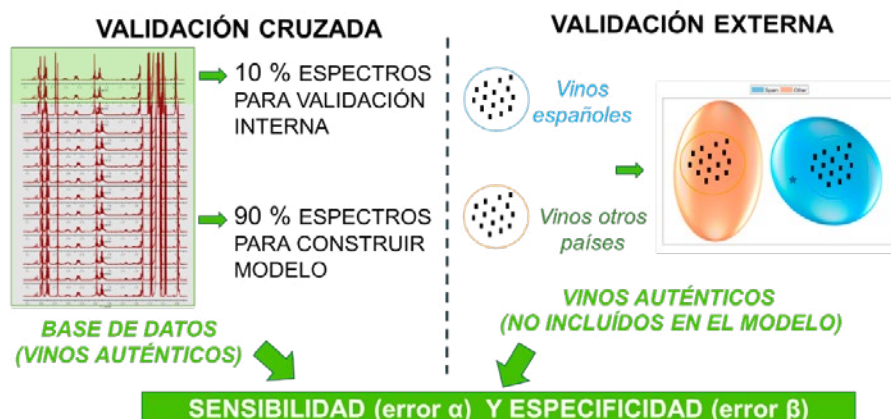


Fig. 3. Proceso de elaboración de modelos. Tipo de validaciones.

La sensibilidad de un modelo que viene dada por el número de vinos que pertenecen a la misma clase que el modelo y este reconoce como tal, es una característica clave para establecer la bondad del modelo, también lo es la especificidad, que se define como la capacidad de un modelo para rechazar aquellos vinos que no pertenecen a su categoría. Sensibilidad y especificidad, son dos términos inversamente proporcionales, por lo tanto, en los modelos se busca conjuntamente el óptimo de ambas características. En el caso de la EEH, se ha priorizado en esta optimización la sensibilidad frente a la especificidad, para minimizar el perjuicio que pudiera suponer para el elaborador del vino en estudio, clasificarlo como “No Consistente” con la premisa que se está contrastando, cuando realmente si lo es. En definitiva, se ha protegido la presunción de inocencia.

Tabla 1. Modelos de origen y variedad para vinos tintos, blancos y rosados

	RED WINE	sensitivity	WHITE WINE	sensitivity	ROSÉ WINE	sensitivity
ORIGIN	España	99.0	España	98.9	España	99.0
	DOCa. Rioja	99.0	DOCa. Rioja	99.0	DOCa. Rioja	99.1
	DO. Navarra	98.8	DO. Rías Baixas	99.1		
	DO. Ribera del Duero	98.9	DO. Rueda	99.0		
	DO. Ribera de Guadiana	97.6	DO. Valencia	99.3		
	DO. Valencia	99.1				
	DO. Bierzo	99.3				
VARIETY	Tempranillo	99.0	Albariño	98.9	Tempranillo	99.1
	Garnacha T.	98.8	Viura	98.5		
	Monastrell	96.1	Verdejo	98.9		
	Cabernet Sauvignon	98.9	Chardonnay B.	98.0		
	Merlot Noir	97.9	Sauvignon B.	99.0		
	Pinot Noir	99.0	Moscatel	99.1		
	Syrah	99.9	Riesling	99.0		
	Mencia	98.7				

En concreto, con los 7000 vinos auténticos analizados se han construido varios modelos, pero solo aquellos cuya sensibilidad y especificidad cumplieran unos mínimos estadísticos previamente establecidos para asegurar el resultado, forman parte del equipo Wine-Profiling™. Los modelos disponibles en la versión 4.0.10 son los que se indican en la tabla 1.



Tomando como ejemplo el modelo de país España en vino tinto, este modelo está compuesto por 11844 vinos, de los cuales 3513 son vinos españoles, el resto de los vinos son de otros países distintos a España. La sensibilidad del modelo es el 99.0%, por lo que solo existe 1 % de error en este modelo.

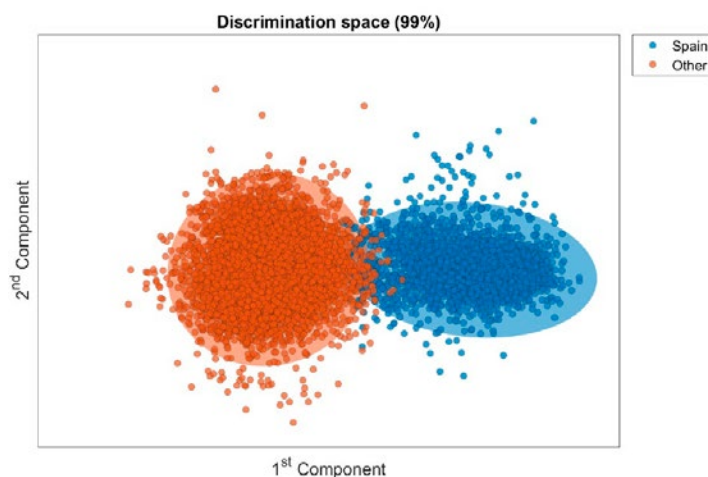


Fig. 4. Representación gráfica del Modelo España para vino tinto.

A la hora de evaluar la consistencia de origen España de un vino tinto, el espectro del vino es analizado con el modelo y obtenemos un resultado numérico expresado como Probabilidad de Consistencia y un resultado visual de donde se coloca con respecto al modelo. La consistencia con un grupo se expresa como probabilidad expresada de 0% a 100%. Una probabilidad superior al 98% se considerada como consistente con los respectivos grupos. Para valores comprendidos entre el 50 y el 98 % se requiere la interpretación de un experto, para aceptar o rechazar la consistencia, al encontrarse el resultado en una zona con alta variabilidad que necesita ser más estudiado.

Statistical Model: Country Spain (red)

[Analysis-ID: WI-CC0006/0449]

This model is based on 11844 samples, thereof 3513 samples of reference group *Spain*. The true-positive rate of this model is 99.0%.

Result: Consistent with declared country Spain. The probability of consistency is 100.0%.

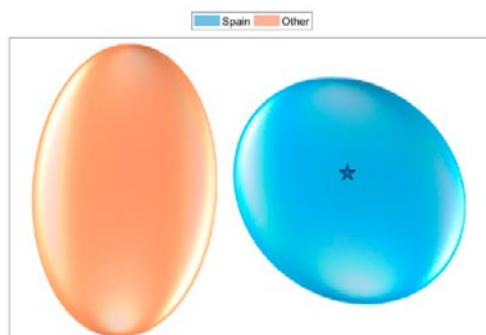


Fig. 5. Representación de los resultados de evaluación de la consistencia de un vino tinto con el modelo España.



En el ejemplo de la figura 8, el resultado indica que el vino es consistente con el modelo España para vino tinto, con una probabilidad de consistencia del 100%. Además, la estrella que simboliza al vino en la representación gráfica en el modelo, muestra al vino posicionado en el centro dentro del óvalo azul que representa al modelo de los vinos españoles.

En concreto, ahora mismo, la Estación Enológica dispone de 14 modelos validados por origen: junto con modelos del país España, también se han construido modelos de diferentes Denominaciones de Origen españolas: DOCa Rioja, DO Navarra, DO Ribera de Duero, DO Ribera de Guadiana, DO Valencia, DO Bierzo, DO Rueda y DO Rías Baixas y muchos otros modelos están en proceso de construcción o validación. Los modelos de variedad (16 hasta la fecha) están conformados con vinos elaborados en todo el mundo, no solo en España, de manera que queda perfectamente representada cada variedad sin importar el origen de la misma. En concreto, los modelos disponibles son: Tempranillo (vino tinto y rosado), Garnacha Tinta, Monastrell, Cabernet Sauvignon, Merlot Noir, Pinot Noir, Syrah, Mencía, Albariño, Viura, Verdejo, Chardonnay Blanc, Sauvignon Blanc, Moscatel y Riestling.

Los modelos están en continuo desarrollo y mejora. Para poder conformar un modelo de una determinada variable/premisa (DO, variedad...) se requieren al menos 100 vinos, aunque si la diversidad y la variabilidad de los vinos es alta, puede que se necesiten muchos más. Por ello, es necesario anualmente ir aportando vinos nuevos a la base de datos, que irán conformando los modelos según se vayan alcanzado el número necesario para obtener modelos con unos valores de sensibilidad adecuados que aseguren un buen resultado. En la actualidad, la base de datos continúa enriqueciéndose con vinos españoles de todo el territorio nacional, aunque haciendo hincapié en aquellas zonas cuyo interés por el control de fraudes está más presente. En España existe mucha diversidad de vinos y muchas zonas vitivinícolas, por lo que alimentar la base de datos de vinos españoles es una labor ardua y que se prolongará en el tiempo.

Asimismo, se han confeccionado modelos adaptados a las necesidades puntuales de consejos reguladores de varias Denominaciones de Origen españolas para diferentes fines. En uno de los casos, se necesitaba demostrar que un vino estaba siendo comercializado bajo la marca de una determinada Denominación de manera fraudulenta (Figura 6). En otro caso, la Denominación de Origen necesitaba demostrar la posibilidad de ampliar su DO con nuevas bodegas de zonas limítrofes.

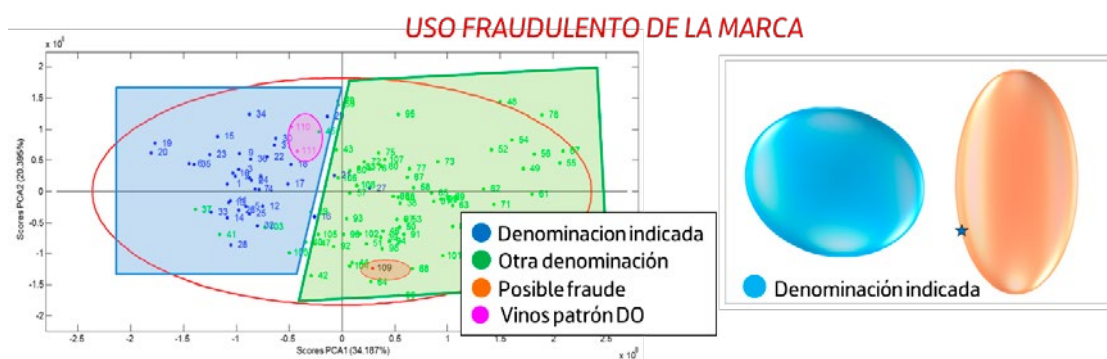


Fig. 6. Ejemplo de aplicación del Wine-Profiling™ para la protección de la marca de una Denominación de Origen.



Además, el análisis de vino por el equipo Wine-Profiling™ está despertando gran interés en el control del fraude en el etiquetado, con el fin de proteger al consumidor. En este sentido, los Cuerpos y Fuerzas de Seguridad del Estado están usando este tipo de análisis como una herramienta eficaz para detectar y demostrar el fraude. Una de las aplicaciones más habituales es la detección de la variedad principal de los vinos. En algunos casos, se han encontrado fraudes en vinos que se comercializaban indicando una única variedad. Esta técnica ha servido para demostrar la presencia de otras variedades no indicadas en la etiqueta, e incluso, a veces prohibidas por la Denominación de Origen referida en la misma. En la Figura 7 se presenta los resultados de unos vinos cuya etiqueta indicaba una variedad distinta a la encontrada, Tempranillo. Además, en este caso el Tempranillo no era una variedad autorizada por el pliego de condiciones de la D.O. bajo la que se estaba comercializando el vino.

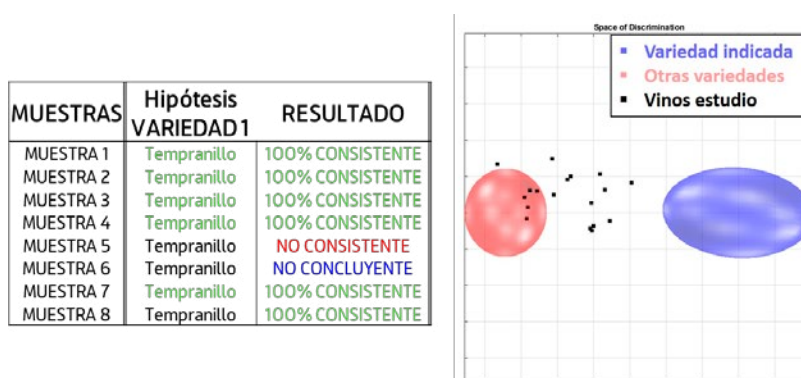


Fig. 7. Ejemplo de aplicación del Wine-Profiling™ para la protección frente al fraude de la variedad del vino en el etiquetado.

4. Conclusiones

Con estos 7.000 vinos españoles se han construido con una alta sensibilidad 3 modelos de país España (vinos tintos, blancos y rosados), 11 modelos de Denominación de Origen y 16 modelos de variedades típicas de España. Casi todos tienen una alta especificidad y sensibilidad, la mayoría de ellos tienen una sensibilidad superior al 99,0%. Actualmente, es una herramienta esencial para los Cuerpos y Fuerzas de Seguridad del Estado, los departamentos oficiales de fraude y los Consejos Reguladores de las Denominaciones de Origen, para detectar fraudes y proteger al consumidor de vino.

5. Bibliografía

1. Godelmann, R. Fang, F. Humpfer, E. Schütz, B. Bansbach, M. Schäfer, H. Spraul M., J. *Agric. Food Chem.* **2013**, 61, 5610–5619.
2. Método OIV-MA-AS316-01 del Compendium Internacional de Métodos de Análisis para Vinos y Mostos. <https://www.oiv.int/public/medias/7907/oiv-vol1-compendium-of-international-methods-of-analysis.pdf>.
3. Standard Operating Procedure pH Adjustment Procedure Version: 001 July 14, 2016. Bruker BioSpin GmbH Division NMR/AIC.

Vinos de humo (*Smoke taint*) en Navarra tras los graves incendios de 2022

Izaskun Oria Ostiz¹, Alfredo Rueda Diez¹, Raquel Erdozáin Monreal¹, Ana Sagüés Sarasa¹,
Maite Larumbe Álvarez²

¹Sección de Viticultura y Enología (EVENA) y ²Sección de Calidad y Promoción Agroalimentaria, Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente de Gobierno de Navarra. C/Valle de Orba 34, 31390 Olite – Erriberri (Navarra). Tfn.: 848433601. vitienuol@navarra.es

Resumen

Las olas de calor acaecidas en la primavera y verano de 2022 provocaron numerosos incendios en distintas zonas de Navarra, resultando calcinadas en torno a 15.000 ha, entre ellas áreas vitícolas. Las viñas fueron excelentes cortafuegos, sufriendo daños directos únicamente las filas del borde del viñedo, por lo que la afección en cuanto a rendimiento no fue significativa y en la mayoría de casos el viñedo se recuperó al año siguiente.

Durante la maduración y vendimia, ningún parámetro analítico de los mostos se vio alterado. Sin embargo, algunos técnicos de bodegas comenzaron a percibir aromas y gustos extraños en los vinos procedentes de los viñedos de las zonas afectadas por el incendio y se pusieron en contacto con el Gobierno de Navarra para comentar el caso y el carácter extraño que percibían en la cata.

Efectivamente, estos vinos manifestaron notas de cata características del llamado *Smoke taint* (gusto de humo). Por este motivo, se decidió realizar un análisis químico de los vinos para confirmar la presencia de los compuestos involucrados en esta afección.

Finalmente, todos estos trabajos se tradujeron en la aprobación de una ayuda destinada a apoyar a los elaboradores afectados por la depreciación de los vinos del incendio.



Fig. 1: Viñedo superviviente tras el incendio de 2022. Valdizarbe.



1. Introducción

El llamado *Smoke taint* o “gusto a humo” en el vino ya fue identificado como un problema en el año 2003 en Australia, debido a unos incendios acontecidos en Canberra que causaron daños en varios viñedos del país (Hoj *et al.*, 2003). El impacto económico de éstos incendios de 2003 en la industria del vino de Australia por el *Smoke taint* se estimó en aproximadamente 4 millones de dólares. Desde entonces los incendios próximos a zonas vitícolas y su efecto en los vinos se han dado en otras zonas del mundo como Australia, Canadá, Grecia y otros países mediterráneos, Sudáfrica o California (Krstic *et al.*, 2015, Summerson V. *et al.* 2021).

En diversos trabajos se ha detectado un carácter desagradable en los vinos elaborados a partir de uvas expuestas a humo de incendios, caracterizados por la presencia de aromas y sabores descritos como ahumados, a quemado, goma quemada, ceniza, salmón ahumado, carne quemada, salami, cuero, hospital y carácter ahumado retronasal, debidos a la presencia de ciertos compuestos fenólicos volátiles que son principalmente el Guaiacol, el 4-Methylguaiacol, 4 Methylsyringol, o-Cresol, p-Cresol y m-Cresol (Kennison *et al.* 2007, 2009). Parece ser que las uvas expuestas al humo absorben estos compuestos, a través de la cutícula de las bayas e incluso de las hojas, a partir de las cuales son posteriormente traslocados a la uva. En otros trabajos ya se ha demostrado la afección en uvas y vinos por la impregnación de sustancias en la vid, por ejemplo, los resultados de ensayos con tratamientos de la vid con extracto acuoso comercial de roble sugieren que las uvas almacenan los volátiles en forma de precursores no volátiles, y algunos de los volátiles se liberan durante el proceso de elaboración del vino, especialmente seis meses después de la fermentación alcohólica (Martínez-Gil, A. *et al.* 2011).

El grado de intensidad de este carácter en el vino depende de la magnitud del incendio, del tiempo de exposición al humo, del momento del ciclo vegetativo en la que tiene lugar, variedad, etc. (Krstic *et al.*, 2015, Summerson V. *et al.* 2021) Así, parece ser que en los vinos tintos este efecto es mayor debido al proceso de elaboración que lleva consigo una maceración con los hollejos, que es por donde mayoritariamente se absorben dichos compuestos. La elaboración de vino blanco y rosado, por el contrario, no conlleva maceraciones tan largas ni fermentaciones en contacto con el hollejo, por lo que este problema no se presenta tan grave.

La bibliografía cita varios métodos posibles para paliar este efecto producido por el humo de los incendios (Summerson V. *et al.* 2021, Bougreau M. *et al.* 2021, Oberholster A. *et al.*, 2022). Actuando a nivel de viñedo y como estrategias de prevención estarían entre otros, un deshojado precoz, una vendimia temprana tras el incendio o realizar una cosecha manual en lugar de mecánica para mantener la integridad de la uva y evitar maceraciones. Algunos estudios también han planteado la posibilidad de realizar una limpieza de la uva previa al procesado con disolventes acuosos, sin embargo, no han observado una disminución en la concentración de fenoles volátiles tras el lavado. Como métodos de mitigación a nivel de bodega, se podría actuar evitando maceraciones largas con la piel, realizando las maceraciones en frío, con la utilización de levaduras seleccionadas o incluso tratando con productos enológicos como pudieran ser chips o taninos, sin embargo, algunas de estas prácticas pueden no estar autorizadas si nos encontramos amparados bajo alguna mención de calidad determinada. Existen, además de estos, otros tratamientos para aplicar directamente al vino terminado como puede ser una clarificación con carbón activo, empleo del polímero ciclodextrina como adsorbente para los compuestos aromáticos, la mezcla o *blend* de vinos afectados con otros que no lo están o la aplicación de una ósmosis inversa, que parece ser la más efectiva, y absorción en fase sólida.



2. Material y Métodos

Durante la primavera de 2022 a partir del mes de abril, Navarra sufrió unas olas de calor, con unas temperaturas extremadamente altas (Tabla 1), baja humedad y vientos de más de 70 km/hora. Bajo estas condiciones de extremo riesgo, tuvieron lugar al principio del verano, concretamente el 18 de junio, una serie de incendios extraordinarios en la Comunidad Foral, que afectaron a un total de 15.000 hectáreas (Figura 2), entre ellas áreas vitícolas, principalmente, de la zona de producción de la D.O. Navarra.

Tabla 1: Datos de temperatura máxima de 2022 y media histórica de la estación Olite.

Fuente: <http://meteo.navarra.es/>

Parámetro: Temperatura máxima (°C)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Medias de 2022	10.4	14.3	13.3	16.4	25.1	30.6	32.5	32.5	25.9	24	15.1	11.4	21
Medias históricas	9,6	11,6	14,9	17,3	21,4	25,9	29,1	29	25,6	19,9	13,6	9,9	19

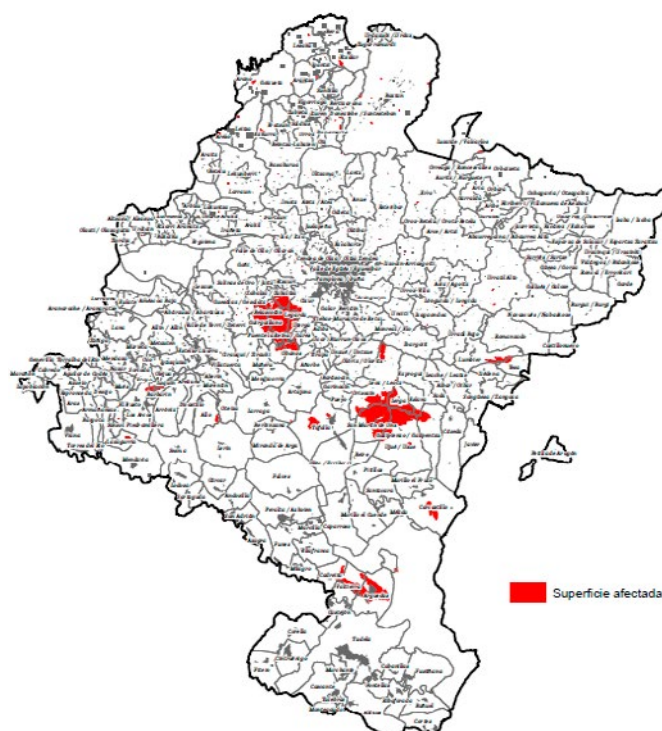


Fig. 2: Mapa de zonas afectadas por el incendio de 2022. Municipios vitícolas afectados: Arguedas, Arróniz, Artazu, Barbarin, Belascoáin, Berriozar, Bidaurreta, Cadreita, Cizur, Echarri/Etxarri, Enériz/Eneritz, Eslava, Etxauri, Gallipienzo/Galipentzu, Guesálaz/Gesalatz, Guirguillano, Iza/Itza, Legarda, Leoz/Leotz, Lerga, Liédena, Lodosa, Los Arcos, Lumbier, Luquin, Monreal/Elo, Murchante, Muruzábal, Obanos, Olóriz/Oloritz, Puente la Reina/Gares, Salinas de Oro/Jaitz, San Martín de Unx, Tafalla, Ujué/Uxue, Uterga, Valtierra, Valle de Egüés/Eguesibar, Villamayor de Monjardín, Yesa, Zabalza/Zabaltza.

Fuente: Gobierno de Navarra.



La vendimia se realizó con relativa normalidad, no detectándose en analíticas de maduración ninguna alteración en los parámetros enológicos del mosto. No obstante, conforme los mostos fueron finalizando la fermentación, ciertos técnicos de bodegas comenzaron a percibir aromas y gustos extraños en los vinos procedentes de los viñedos de las zonas afectadas por el incendio. Algunas de ellas se pusieron en contacto con la Sección de Viticultura y Enología de Gobierno de Navarra para comentar el caso y mostrar mediante cata, el carácter extraño que percibían en los vinos afectados, concretamente, de la zona de San Martín de Unx y de Artazu, dos municipios donde el incendio causó grandes destrozos y afectó con mayor intensidad zonas de viñedos.

Efectivamente desde un primer momento se pudo comprobar como en esos vinos organolépticamente se percibían notas que la bibliografía describía como características del llamado *Smoke taint*. Sin embargo, y al contrario que ocurre con otros accidentes relacionados con incidencias meteorológicas como granizo, deshidratación de bayas por sequía, inundaciones etc., los parámetros enológicos generales de los mostos y vinos (grado, acidez, pH...) no se vieron alterados, por lo que se decidió profundizar y realizar un análisis específico de los vinos para confirmar la presencia de esos compuestos.

Al tratarse de un accidente inédito en nuestro territorio, pero bien conocido y estudiado en los últimos 20 años en lugares como Australia y California, se revisó la bibliografía relativa a este tema y se contactó con Laboratorios Excell Ibérica con publicaciones relativas a esta incidencia (Palacios et al. 2022). Se propuso la determinación de un grupo de compuestos volátiles para determinar el riesgo de *Smoke taint* en vino e identificados en la bibliografía como indicadores de la percepción del defecto. Estos compuestos son: Guaiacol, 4-Methylguaiacol, Fenol, o-cresol, m-cresol y p-cresol (Bougreau M. et al. 2021).

Para estimar el riesgo se realizó una determinación inicial de la concentración de dichos compuestos en la muestra mediante cromatografía de gases y espectrometría de masas. Posteriormente, parte de esa muestra de vino fue tratada y sufre un proceso de acidificación y calentamiento para favorecer una total desglucosilación de los compuestos involucrados (Excell Lab), con la idea de simular y acelerar artificialmente el envejecimiento de esos vinos y estimar cómo pudieran evolucionar con el tiempo y manifestar la afección. Tras ese tratamiento se analizó otra vez la concentración de dichos compuestos y se estimó un nivel de riesgo mediante un algoritmo que el laboratorio ya tiene establecido. Dicho nivel de riesgo se expresa mediante una cifra que, si es mayor de 1, indica riesgo potencial para la formación del *Smoke taint*.

Se enviaron a analizar un total de 6 muestras, 4 de vino tinto y 2 de vino rosado. En el caso de los tintos, 2 de las muestras procedían de 2 depósitos diferentes afectados de una bodega de San Martín de Unx (VT-SM1 y VT-SM2), 1 vino tinto de la misma bodega como testigo, que no se le suponía afectado por el humo (VT-Testigo), y otro vino tinto afectado procedente de un viñedo situado en Artazu (VT-ATZ). Respecto a los vinos rosados, las muestras analizadas fueron un vino rosado de San Martín de Unx sangrado a partir de una partida afectada por el incendio (VR-SM) y el otro fue un vino rosado de la añada 2022 sin afección por humo procedente de EVENA – Olite / Erriberri (VR-Testigo).



3. Resultados

Analizado los resultados analíticos obtenidos, se observa que el nivel de riesgo de desarrollo del defecto de humo (Tabla 2) en los vinos tintos afectados por los incendios, a pesar de no presentar un nivel de riesgo inicial (denominado Nivel actual), tras el tratamiento éste sobrepasa el umbral, incluso en el vino testigo de San Martín. En el caso de los vinos rosados (Tabla 3) el nivel de riesgo permanece por debajo de 1 tanto en su estado inicial como tras el tratamiento, corroborando lo indicado por otros trabajos.

Tabla 2. Contenido de compuestos responsables del carácter *Smoke taint* ($\mu\text{g/l}$). Vinos tintos

Compuestos	VT-SM1		VT-SM2		VT-ATZ		VT-Testigo	
	Vino inicial	Vino tratado	Vino inicial	Vino tratado	Vino inicial	Vino tratado	Vino inicial	Vino tratado
Guaiacol	5	39,8	2,2	19,2	10,4	40,8	1,8	15,4
4-Methylguaiacol	3	11	2,2	6,8	3,2	11	1,6	6
m-Cresol	8,6	17,6	6,6	12,8	5,4	12	6,6	18
p-Cresol	5,6	nd	5	nd	6	15	4,2	nd
o-Cresol	7,4	11	5,8	7,2	7,4	11	4,6	7,4
Fenol	23,8	64	23,2	53,2	28,8	59,4	24,2	50,4
Nivel actual	0,9		0,6		0,9		0,6	
Nivel de riesgo	2,7		1,6		2,7		1,7	

Tabla 3. Contenido de compuestos responsables del carácter *Smoke taint* ($\mu\text{g/l}$). Vinos rosados

Compuestos	VR-SM		VR-Testigo	
	Vino inicial	Vino tratado	Vino inicial	Vino tratado
Guaiacol	2	5,4	nd	3,8
4-Methylguaiacol	1,4	2	nd	1,6
m-Cresol	1,6	3,6	nd	3,4
p-Cresol	nd	nd	3,6	nd
o-Cresol	2,9	2,9	3	3
Fenol	19,8	78	16,8	30,4
Nivel actual	0,2		0,1	
Nivel de riesgo	0,5		0,4	

A continuación, se representan las concentraciones de dos de los compuestos que más participan en el *Smoke taint*: guaiacol (Figura 3) y fenoles (Figura 4). Se observa cómo en todos los casos la concentración de los compuestos analizados se incrementa tras el tratamiento que simula un envejecimiento acelerado, sobre todo el guaiacol, lo que demuestra cómo con el paso del tiempo, esos compuestos, en determinadas condiciones, pueden llegar a manifestarse incrementado el nivel de riesgo de aparición del carácter de humo en los vinos. Estas moléculas se encuentran de forma natural en todos los vinos. No obstante, mayoritariamente las concentraciones en los vinos procedentes de viñedos afectados son superiores a las de viñedos



no afectados (testigo). Asimismo, se comprueba cómo en el caso de los vinos tintos las concentraciones de estos compuestos son mayores que en los rosados tal y como cita la bibliografía, debido a un menor tiempo de contacto con los hollejos.

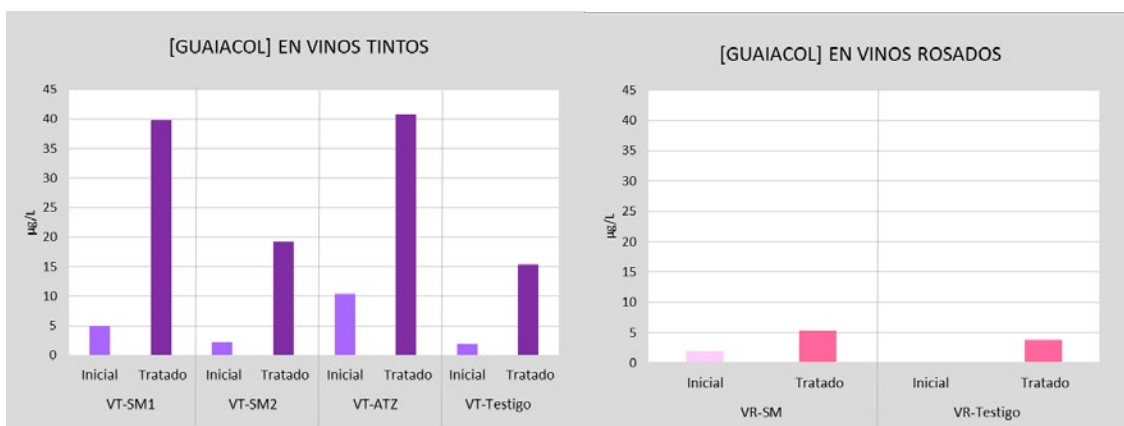


Fig. 3: Guaiacol en vinos tintos y rosados analizados

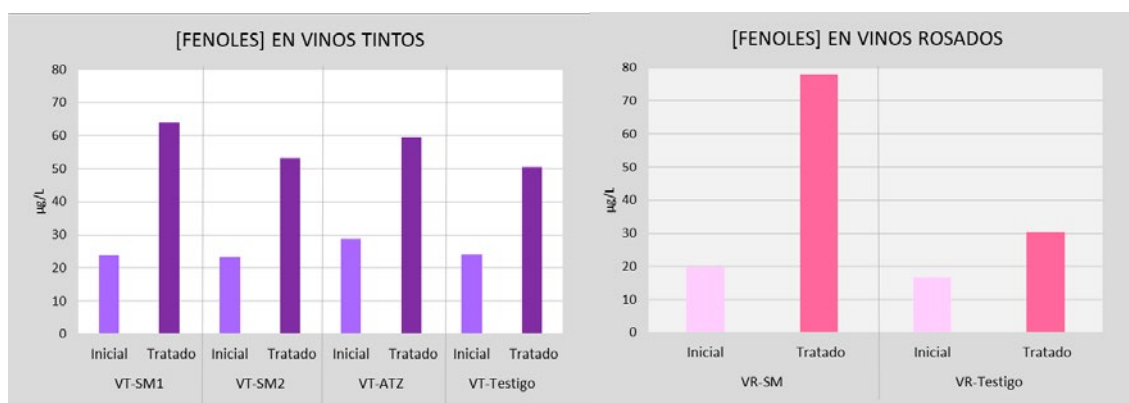


Fig. 4: Fenoles en vinos tintos y rosados analizados

Se han establecido en otros trabajos los umbrales de mejor estimación en el vino del guaiacol, en 23 µg/L para el aroma y en 27 µg/L para el sabor (Krstic et al. 2015), y podemos apreciar como éstos valores son claramente superados por nuestros vinos tintos SM1 y ATZ afectados por los incendios donde se apreció el gusto a humo (una vez sometidos al tratamiento de desglicosilación), pero no en los vinos testigo ni rosados, ni en el vino tinto SM2, aunque en este último no se queda muy lejos.

Se puede observar como la concentración de fenoles aumenta de manera considerable en los vinos afectados por los incendios, tanto en los tintos como en los rosados. Estudios precedentes (Krstic et al. 2015) ya señalan que, en experimentos de análisis descriptivo sensorial, la adición de fenoles volátiles junto con sus glicoconjugados, provocaron los sabores desagradables más fuertes imitando el gusto a humo en vinos tintos.

Asimismo, otro aspecto fundamental que señalan estudios recientes (Summerson, V. et al. 2021) es la existencia de combinaciones de fenoles volátiles que pueden ser responsables de



aromas ahumados, produciendo un efecto sinérgico que puede provocar que el umbral de detección sea menor.

3.1. Elaboración de convocatoria de ayudas

A la vista de éstos trabajos y con el fin de responder a los efectos provocados por el humo de los incendios de junio de 2022 en los vinos acogidos a las figuras de calidad de Navarra, se elaboró una convocatoria de ayudas destinada a compensar la depreciación de los vinos afectados y con el objetivo de mantener los adecuados niveles de calidad y el prestigio de los vinos de la D.O. Navarra. Se estimó que los incendios de 2022 afectaron un volumen total de 1.000.000 de litros.

Esta ayuda se materializó en la Orden Foral 242E/2023 (D.G.D.R. Gobierno de Navarra, 2023) que aprobó la convocatoria y las bases reguladoras para la concesión de ayudas destinadas a reparar los daños causados por los incendios del verano de 2022 en los vinos tintos amparados por la Denominación de Origen Protegida “Navarra”. Se presentaron en plazo 4 solicitudes de ayuda, el volumen total de vino beneficiado por la ayuda y descalificado o tratado fue de 913.500 litros, con un importe total de 220.887,50 euros concedidos y un importe máximo de 0,25 euros/litro del vino auxiliable. De éstos, más del 90 % fueron solicitados desde el municipio de San Martín de Unx y el resto procedía de Artazu. Los vinos solicitantes de ayuda fueron objeto de análisis, con los cuales aplicando una fórmula se justificaba unos de los requisitos de la convocatoria, obteniéndose resultados similares a los de este estudio.

4. Conclusiones

- Es la primera vez que ocurre un incendio de esta magnitud con afección en el viñedo dentro de la Comunidad Foral y ha sido preciso establecer una metodología y evaluación de los vinos afectados por este problema.
- Las uvas y mostos afectados por los incendios, no presentaron parámetros enológicos generales alterados, detectándose el problema de “gusto a humo” en la cata de los vinos elaborados en la cosecha 2022.
- Los vinos afectados por *Smoke taint* presentan concentraciones más elevadas de los compuestos Guaiacol, 4-Methylguaiacol y Fenol que aquellos que no han sido afectados por los incendios. La concentración de estos compuestos es más elevada en tintos que en rosados, pudiendo atribuirse este hecho al proceso de elaboración (mayor maceración).
- Estas concentraciones pueden verse incrementadas con el tiempo y la crianza de los vinos, lo cual se corroboró tras el tratamiento y posterior análisis (nivel de riesgo superior a 1). Este análisis resulta fundamental para determinar la gravedad del problema, ya que los datos iniciales no muestran la magnitud de la pérdida de calidad que se ve incrementada a lo largo del tiempo y/o la crianza.
- Medidas de apoyo al sector elaborador como las llevadas a cabo por el Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente del Gobierno de Navarra son determinantes para mantener la calidad global de una figura de calidad mediante la compensación a la no comercialización de los vinos afectados por el humo, excluyéndolos como vino amparado por una Denominación de Origen.



5. Bibliografía

1. BOUGREAU M.; MASSON G. 2021. **Note technique sur les effets des fumées d'incendies sur les grappes, moûts et vins**. Centre du Rosé / IFV
2. DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO RURAL, GOBIERNO DE NAVARRA. 2023. **Orden Foral 242E/2023, de 7 de septiembre, del Consejero de Desarrollo Rural, se establecieron las bases reguladoras para la concesión de ayudas destinadas a reparar los daños causados por los incendios del verano de 2022 en los vinos tintos amparados por la Denominación de Origen Protegida "Navarra" para el año 2023**. B.O.N. nº 198, 32845 - 32857
2. HOJ, P.; PRETORIUS, I.; BLAIR, R. 2003. **Investigations Conducted into the Nature and Amelioration of Taints in Grapes and Wine, Caused by Smoke Resulting from Bushfires**. In *The Australian Wine Research Institute 49 th Annual Report*, 37-39. The Australian Wine Research.
3. KENNISON, K.; WILKINSON, K.; WILLIAMS, H.; SMITH, J.; GIBBERD, M. 2007. **Smoke-derived taint in wine: Effect of postharvest smoke exposure of grapes on the chemical composition and sensory characteristics of wine**. *J. Agric. Food Chem.* 55, 10897–10901.
4. KENNISON, K.; WILKINSON, K.; POLLNITZ, A.; WILLIAMS, H.; GIBBERD, M. 2009. **Effect of timing and duration of grapevine exposure to smoke on the composition and sensory properties of wine**. *Aust. J. Grape Wine Res.* 15, 228–237.
5. KRSTIC, M.; JOHNSON, D.; HERDERICH, M. 2015. **Review of smoke taint in wine: Smoke-derived volatile phenols and their glycosidic metabolites in grapes and vines as biomarkers for smoke exposure and their role in the sensory perception of smoke taint**. *Aust. J. Grape Wine Res.* 21, 537–553.
6. MARTÍNEZ-GIL, A.; GARDE-CERDÁN, T.; MARTÍNEZ, L.; ALONSO, G.; SALINAS, M.R. 2011. **Effect of Oak Extract Application to Verdejo Grapevines on Grape and Wine Aroma**. *J. Agric. Food Chem.* 59, 3253–3263.
7. OBERHOLSTER, A.; WEN, Y.; DOMINGUEZ SUAREZ, S.; ERDMANN, J.; CAUDURO GIRARDELLO, R.; RUMBAUGH, A.; NEUPANE, B.; BRENNEMAN, C.; CANTU, A.; HEYMANN, H. 2022. **Investigation of Different Winemaking Protocols to Mitigate Smoke Taint Character in Wine**. *Molecules* 27, 17-32
8. PALACIOS A.; RENOUF V.; ELVIRA ZALDIVAR E.; CARRILLO D. 2022. **Aroma de humo en el vino: "Smoke Taint"**. Infowine, Revista en internet de Viticultura y Enología. <https://www.infowine.com/es/art%C3%ADculos/t%C3%A9cnicos/aroma-de-humo-en-el-vino-smoke-taint-sc-20686.htm>
9. SUMMERSON, V.; GONZALEZ VIEJO, C.; PANG, A.; TORRICO, D.D.; FUENTES, S. 2021. **Review of the Effects of Grapevine Smoke Exposure and Technologies to Assess Smoke Contamination and Taint in Grapes and Wine**. *Beverages* 7, 7. <https://doi.org/10.3390/beverages7010007>

Comunidades microbianas cultivables asociadas al suelo de la vid en viñedos de La Rioja

Javier Ugarte¹, Carmen Tenorio², Fernanda Ruiz-Larrea²

1 Gobierno de La Rioja. Finca La Grajera, Carretera de Burgos, km 6, 26071 Logroño, La Rioja. jugarte@larioja.org

2 Universidad de La Rioja. Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (Universidad de La Rioja, CSIC, Gobierno de La Rioja), Finca La Grajera, Carretera de Burgos, km 6, 26071 Logroño, La Rioja.

Resumen

El manejo del viñedo y factores bióticos y abióticos modelan la microbiota del suelo. El objetivo de este estudio fue investigar la influencia de diferentes sistemas de gestión del viñedo, incluyendo: a) manejo convencional con laboreo, b) cubierta vegetal, y c) viñedos labrados en zona con pendiente, sobre la microbiota cultivo-dependiente y sobre algunos parámetros edafológicos de los suelos del viñedo.

Se analizaron y cuantificaron las comunidades microbianas de levaduras, bacterias fijadoras de nitrógeno, descomponedores de materia orgánica y aerobios totales. Los resultados mostraron que el suelo con cubierta vegetal mostraba las mayores poblaciones de aerobios totales, la mayor relación C/N y contenido en materia orgánica, mientras que la parcela en pendiente y labrada mostraba la menor ratio C/N y las menores poblaciones microbianas. La población total de aerobios, la relación C/N y el contenido en materia orgánica fueron las variables que explicaron estadísticamente la varianza de los resultados. Puede concluirse que el suelo del viñedo es un reservorio de levaduras con poblaciones por encima de 10^4 UFC/g de suelo seco, y que para una localización geográfica y variedad de *Vitis vinifera*, la estrategia de gestión del viñedo tiene un papel fundamental en la composición microbiana del suelo.

1. Introducción

La microbiota del suelo forma asociaciones complejas y dinámicas con la vid que van desde la simbiosis al comensalismo o la patogénesis. El manejo del viñedo y un número de factores bióticos (tales como plantas cercanas, nematodos, artrópodos o macrofauna) y abióticos (lluvia, temperatura, etc.) modelan la microbiota del suelo de viñedo. Actualmente se acepta que una alta biodiversidad de la microbiota del suelo es beneficiosa para la fertilidad de los suelos, ya que es responsable de la descomposición de la materia orgánica y la producción de dióxido de carbono, el ciclo y el equilibrio de los nutrientes, la estructura del suelo, el equilibrio redox y la degradación de los contaminantes del suelo (Hendgen et al. 2018).

En cuanto a la microbiota asociada a la vid, desempeña funciones fundamentales para la planta, ya que puede estimular su crecimiento y rendimiento mediante la movilización y el transporte de nutrientes (Berg et al. 2014), y además, la microbiota asociada ocupa espacio que de otro modo podría estar ocupado por patógenos y, por lo tanto, puede prevenir infecciones en



las plantas. Varios estudios (Barka et al. 2006, Fernández et al. 2012, Theocheris et al. 2012) demostraron que algunas bacterias beneficiosas podrían proteger a las vides de la infección por *Botrytis cinerea* y del frío, tanto a través de su actividad de eliminación de moléculas de estrés por frío como afectando al metabolismo de los carbohidratos de la vid.

Una revisión sobre los mecanismos de las bacterias beneficiosas contra los patógenos vegetales indicó que además de la competencia por los nutrientes y el espacio, las bacterias beneficiosas pueden producir biomoléculas tóxicas contra el patógeno, como lipopéptidos y otros péptidos antimicrobianos, o enzimas líticas, como la quitinasa o la beta-1,3-glucanasa, que poseen actividades degradantes muy fuertes de las paredes celulares de los hongos de los patógenos. Una tercera estrategia de las bacterias beneficiosas para proteger la planta huésped es activar los mecanismos de defensa propios de la planta desencadenando su crecimiento y absorción de nutrientes, e induciendo la resistencia sistémica de la planta contra enfermedades infecciosas (Shafi et al. 2017).

Los procedimientos convencionales de manejo de viñedos en los países del sur de Europa incluyen el laboreo, ya que evita la competencia de las hierbas adventicias con la vid por agua y nutrientes. El laboreo también mejora la aireación del suelo, la respiración microbiana y, por tanto, acelera la descomposición de la materia orgánica del suelo (Hydbom et al. 2017). El laboreo se acompaña tradicionalmente de fertilización química y control de hierbas adventicias y plagas para aumentar la producción de uva.

El objetivo de este estudio fue investigar la influencia de diferentes sistemas de manejo y uso del suelo del viñedo, que incluyeron: a) manejo convencional con laboreo, b) cubierta vegetal entre las filas de vid, y c) vides plantadas en pendiente, en la microbiota cultivo-dependiente asociada a los suelos del viñedo y en algunos parámetros edáficos de los suelos estudiados.

2. Material y Métodos

2.1. Parcela experimental

El lugar de muestreo fue un viñedo de secano situado en el norte de España (La Rioja), cultivado con *Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo, con manejo convencional y un input de tratamientos fitosanitarios medio-bajo. La superficie del viñedo fue de 6,2 ha y sus coordenadas fueron 42° 26' 25" N, 2° 30' 58" W. El viñedo está establecido sobre antiguas terrazas fluviales y las vides fueron plantadas entre 1985 y 1992 sobre portainjerto R-110, con orientación este-oeste. En la ubicación del estudio, la precipitación promedio anual entre 2014 y 2022 fue de 448 mm y la temperatura promedio del suelo fue de 14,2 °C. En este viñedo de manejo convencional se seleccionaron tres parcelas de viñedo: 1) parcela laboreo entre hileras (parcela SIN), 2) parcela con cubierta vegetal (parcela CON) de vegetación espontánea, 3) parcela en pendiente (pendiente del 13,5%) con vid plantada en filas perpendiculares a la pendiente y laboreo entre filas (parcela PEN). Cada parcela de viñedo estudiada incluía al menos cinco hileras de 30 cepas. Sólo se utilizaron las hileras internas de cada parcela para la recolección de datos.

2.2. Muestreo de suelo

En cada una de las parcelas estudiadas se tomaron cinco muestras de suelo distribuidas al azar. Las muestras de suelo se tomaron a 50 cm de distancia del tronco de las vides. Cada



muestra consistió en cuatro submuestras de la capa superior del suelo (de 10 a 20 cm de profundidad) esparcidas en un rango de 15 m y agrupadas en bolsas de plástico estériles. En total se analizaron un total de 15 muestras de suelo. Las muestras se almacenaron a -80°C hasta el análisis microbiológico en el laboratorio.

2.3. Condiciones de cultivo microbiano y recuento de colonias

De cada muestra de suelo se tomaron muestras de diez gramos (equivalente en peso seco); se diluyeron en 100 mL de solución salina estéril (NaCl al 0,9 %, Sigma-Aldrich SL, Madrid, España) y se sometieron a agitación orbital (130 rpm) a temperatura ambiente durante 1 h. Se utilizaron diluciones decimales en serie de las muestras de suspensión obtenidas para análisis dependientes del cultivo. Las comunidades microbianas del suelo de levaduras, descomponedores de materia orgánica, bacterias fijadoras de nitrógeno y aerobios totales se analizaron mediante siembra en medios selectivos. Todas las muestras se analizaron por triplicado. Agar YPD [10 g/L de extracto de levadura (Oxoid Ltd., Basingstoke, Reino Unido), 20 g/L de peptona (Becton, Dickinson Co., LePont de Claix, Francia), 20 g/L de glucosa (Panreac Química S.A., Barcelona, España), para analizar la población de levaduras se utilizó agar 20 g/L (Becton, Dickinson Co.) con penicilina y estreptomycin para inhibir el crecimiento bacteriano. Para los descomponedores de materia orgánica se utilizó Bacto Actinomycete Isolation Agar (Becton, Dickinson Co.) con nistatina para inhibir el crecimiento de levadura. Se utilizó medio libre de N de Burk (Stella y Suhaimi, 2010) con nistatina para analizar bacterias fijadoras de nitrógeno (género Azotobacter y Azomonas). Se utilizó Plate Count Agar (Becton, Dickinson Co.) para analizar la población de aerobios totales. Las muestras se incubaron de 48 h a 72 h a 25-30 °C en condiciones aeróbicas. Los recuentos viables se obtuvieron como el número de UFC por gramo de suelo seco, y se calcularon los valores medios y las desviaciones estándar por triplicado para cada muestra.

2.4. Análisis edafológicos

Se realizaron análisis fisicoquímicos del suelo para cada parcela de muestreo. Estos datos incluyeron un conjunto de medidas del laboratorio de suelo: análisis del tamaño de partículas (contenido de arena, limo y arcilla [%], método de difracción láser (ISO 13320-2009), N total [%] (EN 16168:2012), materia orgánica oxidable (MO) (Walkley-Black, 1934), relación C/N [(MO/1,724)/N], contenido de humedad [% suelo seco] (método gravimétrico). La información ambiental se obtuvo de la estación meteorológica del Sistema de Información Agroclimática (Gobierno de La Rioja) ubicada en el lugar de muestreo.

2.5. Análisis estadístico

Se calcularon los valores medios y las desviaciones estándar de las repeticiones para cada parámetro estudiado y para cada parcela de viñedo. Se aplicó análisis de varianza (ANOVA) ya que los datos mostraron distribución normal y varianzas homogéneas, así como análisis de componentes principales (ACP). Se utilizó la prueba de rango de Tukey como método de comparación de medias con un nivel de significancia de $p = 0,05$. Para el procesamiento de datos se utilizó el paquete estadístico IBM-SPSS Statistics 26.0 para Windows (IBM-SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.).



3. Resultados

3.1. Parámetros edafológicos

Las condiciones edáficas iniciales de las parcelas estudiadas mostraron que los valores de pH del suelo eran similares en las tres áreas evaluadas (entre 8,1-8,3) y su contenido de N proporcionó el nivel requerido para el crecimiento de la vid. Por lo tanto, las tres áreas se consideraron aptas para el estudio microbiológico. El análisis granulométrico del suelo de la parcela en pendiente mostró mayor proporción de arcilla (27,4%) y menor contenido de arena (13,7%) que el resto de las parcelas (Tabla 1).

Tabla 1. Textura del suelo

	Arena (2-0.05 mm) [%]	Limo (0.05-0.02 mm) [%]	Limo (fino) (0.02-0.002 mm) [%]	Arcilla (< 0.002 mm) [%]
Laboreo (SIN)	49,3	36,5	23,7	14,1
Cubierta vegetal (CON)	42,1	44,1	29,4	13,9
Pendiente (PEN)	13,7	59,0	44,0	27,4

La Tabla 2 muestra que la parcela en pendiente presentó el valor de C/N más bajo estadísticamente significativo ($p < 0,05$), así como menores contenidos de materia orgánica y nitrógeno que las otras parcelas. Probablemente esto se debió a un efecto de lixiviación de materia orgánica e inorgánica así como a la erosión. Por el contrario, la parcela con cubierta vegetal mostró los valores más altos ($p < 0,05$) de relación C/N, contenido de nitrógeno y % de materia orgánica, lo que podría deberse a la captura de nutrientes y posteriores procesos de degradación, así como a una menor lixiviación de materia orgánica y compuestos N en la parcela cubierta vegetal.

Tabla 2. Parámetros agronómicos

	Relación C/N	Materia orgánica matter [%]	N [‰]	Humedad [% suelo seco]
Laboreo (SIN)	6,9±0.5 a	0,98±0.36 a	1,06±0.31 a	14,4±1.3 a
Cubierta vegetal (CON)	8,1±0.6 b	1,90±0.15 b	1,76±0.13 b	16,9±0.4 b
Pendiente (PEN)	4,6±0.7 c	0,61±0.13 a	1,00±0.10 a	15,6±1.1 ab

Las cifras indican valores de media ± desviación estándar de cinco repeticiones. SIN: parcela con laboreo tradicional; CON: parcela con cubierta vegetal espontánea; PEN: parcela con pendiente (13,5 %) con laboreo tradicional. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los datos.

3.2. Microbiota del suelo

La Figura 1 muestra que las poblaciones microbianas de levaduras, descomponedores de materia orgánica, bacterias fijadoras de nitrógeno y aerobios totales fueron abundantes en todas las muestras de suelo ($>10^4$ UFC por g de peso seco del suelo) y las levaduras mostraron las poblaciones más bajas en todas las muestras de suelo. Esto podría esperarse ya que el tamaño



de la levadura es mayor que el de las bacterias y las cifras indican la población microbiana por gramo de suelo. Cabe señalar que las muestras de suelo se tomaron cinco meses después de la última cosecha de uva, cuando las uvas caídas permanecen en el suelo y sus poblaciones de levaduras contribuyen a la microbiota del suelo, y aún así las poblaciones de levaduras después de esos meses de invierno alcanzaron valores notables en todos los casos. Este resultado indica que el suelo del viñedo es un importante reservorio de levaduras, que son microorganismos de crucial importancia para todo el proceso de elaboración del vino, ya sea para el correcto desarrollo de las fermentaciones, o para el deterioro del vino.

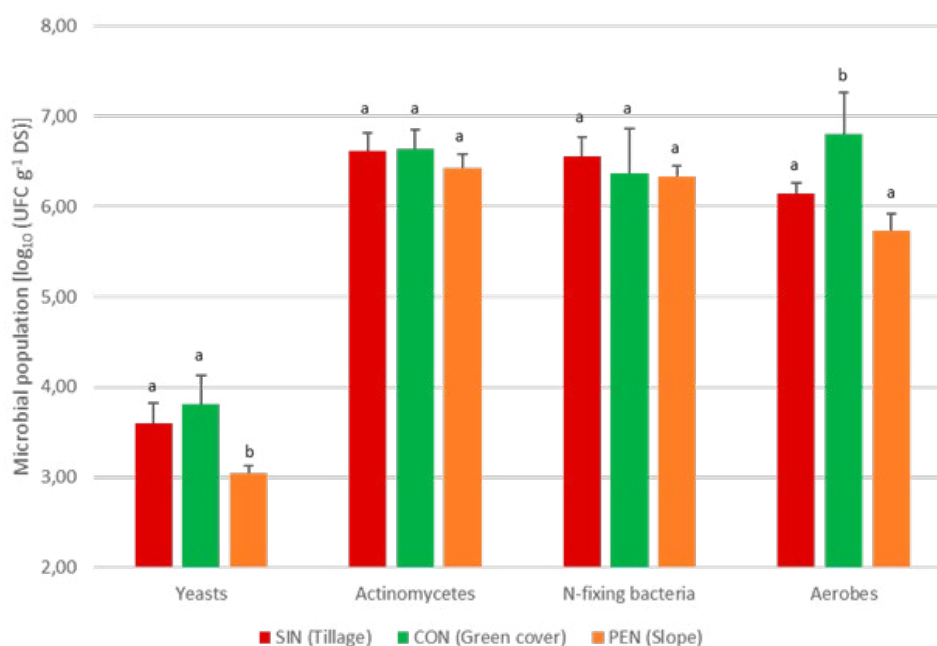


Fig. 1. Poblaciones microbianas del suelo de cada una de las parcelas de viñedo estudiadas.

El suelo de parcela en pendiente (PEN) mostró la menor población de levaduras con una diferencia estadísticamente significativa, así como poblaciones de bacterias más bajas que las otras parcelas. Estos resultados podrían esperarse ya que la parcela inclinada estuvo sometida a una mayor erosión y lixiviación, lo que se muestra como un menor valor de C/N y menores contenidos de materia orgánica y nitrógeno que las otras parcelas (Tabla 2). Por otro lado, la parcela cubierta de cubierta vegetal mostró la mayor población de aerobios del suelo. Este resultado podría explicarse por el hecho de que el sistema de raíces de la cubierta aumenta la porosidad y la aireación del suelo, contribuye a la microbiota del suelo con su propia población microbiana de la rizosfera y a que mejora el contenido de carbono orgánico del suelo.



3.3. Interacciones entre manejo del suelo, factores edáficos y microbiota del suelo

La figura 2 muestra el resultado del análisis de componentes principales.

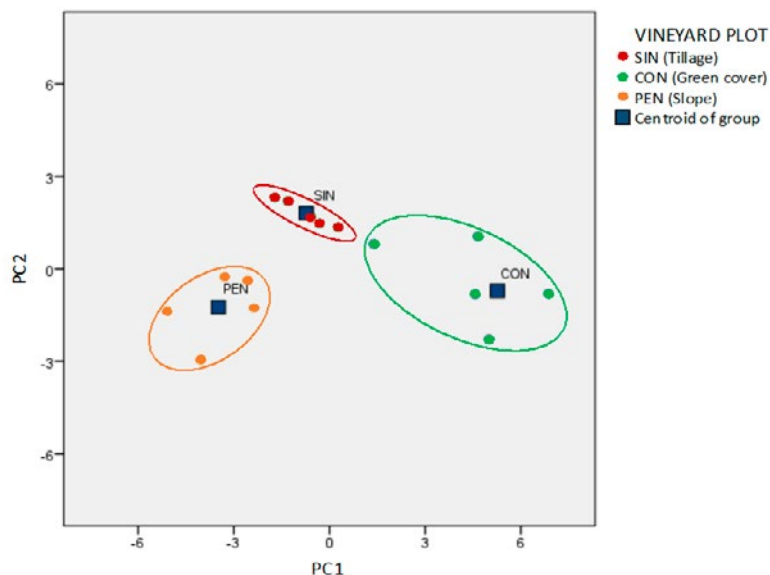


Fig. 2. Resultados ACP. SIN: parcela con laboreo tradicional; CON: parcela con cubierta vegetal espontánea; PEN: parcela en pendiente (13,5 %) con laboreo tradicional.

Este análisis reveló que el 86,8 % de la varianza (PC1) estaba relacionada con la población de aerobios, el contenido de materia orgánica y la relación C/N, y el 13,2 % restante (PC2) estaba relacionado con el contenido de materia orgánica y la relación C/N. El suelo de la parcela de viñedo con cubierta vegetal presentó los valores más altos de estos tres parámetros. De manera similar, un estudio previo del contenido del suelo del viñedo (Peregrina et al., 2010) demostró que los suelos de viñedo sin laboreo y con cubierta vegetal aumentaron su contenido de materia orgánica.

Los resultados de ACP (Figura 2) mostraron también que, en contraste con la parcela de cubierta vegetal, en el lado opuesto del eje X estaba situada la parcela en pendiente y laboreo que mostró las poblaciones microbianas del suelo más bajas. Esta parcela en pendiente también se diferenciaba de la parcela labrada sin pendiente, que estaba situada en el eje Y positivo. La parcela en pendiente se asoció con una menor relación C/N y un menor contenido de materia orgánica que la parcela sin pendiente. Otros estudios observaron también diferencias significativas entre viñedos ubicados en la parte superior de la pendiente y viñedos en la parte inferior de la pendiente (Popescu y Ursu, 2017), mostrando menor producción de uva y vigor para aquellas vides ubicadas en la parte superior de la pendiente.

4. Conclusiones

En resumen, de los resultados generales de este estudio se puede concluir que el suelo del viñedo es un reservorio de levaduras que contiene poblaciones de levadura superiores a 10^4 UFC por g de suelo seco, y que dada una ubicación geográfica y un cultivar de *Vitis vinifera*, el manejo del viñedo juega un papel fundamental en la composición microbiana del suelo.



Los resultados también mostraron que la familia microbiana más abundante fue la de fijadores de nitrógeno en la capa superficial del suelo y esta población mostró los valores más altos durante el período húmedo y en el suelo con cubierta vegetal, mientras que el suelo labrado en pendiente mostró los valores más bajos.

5. Bibliografía

1. Barka, E.A.; Nowak, J.; Clement, C.; 2006: Enhancement of chilling resistance of inoculated grapevine plantlets with a plant growth-promoting rhizobacterium, *Burkholderia phytofirmans* strain PsJN. *Appl. Environ. Microbiol.* **72**, 7246–7252.
2. Berg, G.; Grube, M.; Schloter, M.; Smalla, K.; 2014: Unraveling the plant microbiome: looking back and future perspectives. *Front. Microbiol.* **5**, 148. doi: 10.3389/fmicb.2014.00148. EN 16168: 2012. Sludge, treated biowaste and soil - Determination of total nitrogen using dry combustion method. Comité Européen de Normalisation
3. Fernandez, O.; Theocharis, A.; Bordiec, S.; Feil, R.; Jacquens, L.; Clement, C.; 2012: *Burkholderia phytofirmans* PsJN acclimates grapevine to cold by modulating carbohydrate metabolism. *Mol. Plant Microbe Interact.* **25**, 496–504.
4. Hendgen, M.; Hoppe, B.; Döring, J.; Friedel, M.; Kauer, R.; Frisch, M.; Dahl, A.; Kellner, H.; 2018: Effects of different management regimes on microbial biodiversity in vineyard soils. *Sci. Rep.* **8**, 9393. doi: 10.1038/s41598-018-27743-0.
5. Hydbom, S.; Ernfors, M.; Birgander, J.; Hollander, J.; Jensen, E. S.; Olsson, P.A.; 2017: Reduced tillage stimulated symbiotic fungi and microbial saprotrophs, but did not lead to a shift in the saprotrophic microorganism community structure. *Appl. Soil Ecol.* **119**, 104-114. ISO 13320:2009, Particle size analysis — Laser diffraction methods, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland
6. Peregrina, F.; Larrieta, C.; Ibáñez, S.; García-Escudero, E.; 2010: Labile organic matter, aggregates and stratification ratios in a semiarid vineyard with cover crops. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **74**: 2120-2130 .
7. Popescu, G.C.; Ursu, S.; 2017: Effect of planting position on the vineyard slope on growth, pruning weight, and cold hardiness of grapevine cane. *Current Trends in Natural Sciences*, **6**, 40-45.
8. Shafi et al. 2017 Jamil Shafi, J.; Hui Tian, H.; Ji, M.; 2017: *Bacillus* species as versatile weapons for plant pathogens: a review. *Biotechnol. Biotech. Eq.* **31**, 446-459.
9. Stella, M.; Suhaimi, M.; 2010: Selection of suitable growth medium for free-living diazotrophs isolated from compost. *J. Trop. Agric. and Fd. Sc.* **38**, 211–219.
10. Theocharis, A.; Bordiec, S.; Fernandez, O.; Paquis, S.; Dhondt-Cordelier, S.; Baillieul, F.; Clément, C.; Barka, E.A.; 2012: *Burkholderia phytofirmans* PsJN primes *Vitis vinifera* L and confers a better tolerance to low nonfreezing temperatures. *Mol. Plant Microbe Interact.* **25**, 241–249.
11. Walkley, A. and Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, **37**: 29-38. Available at: <https://enviro-soil.com/includes/soil-organic-matter-wet-oxidation-Walkley-Black.html>.

6. Agradecimientos

Financiado con el proyecto EOM4SOIL de la UE. H2020-EJP SOIL.

Mejorando la fermentación del vino mediante la utilización simultánea de *Lachancea thermotolerans* y bacterias lácticas (*Oenococcus oeni* y *Lactiplantibacillus plantarum*) o *Schizosaccharomyces pombe*.

Javier Vicente^a, Eva Navascués^{bc}, Antonio Santos^a, Fernando Calderón^b, Wengu Tesfaye^b, Domingo Marquina^a, Santiago Benito^{b*}

^aUnidad de Microbiología, Facultad de Biología, Departamento de Fisiología y Microbiología, Universidad Complutense de Madrid, Ciudad Universitaria, S/N, 28040 Madrid, España

^bDepartamento de Química y Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria, S/N, 28040 Madrid, España

*Dirección de correspondencia: santiago.benito@upm.es

Resumen

La mayoría de los vinos tintos disponibles comercialmente pasan por una fermentación alcohólica llevada a cabo por levaduras del género *Saccharomyces*, seguida de una fermentación secundaria con la bacteria láctica *Oenococcus oeni* una vez que el proceso inicial ha concluido. Sin embargo, este enfoque tradicional puede enfrentar complicaciones en escenarios específicos. Estas situaciones plantean riesgos como la detención de la fermentación alcohólica o el crecimiento de bacterias indeseables mientras el proceso se mantiene incompleto, dejando azúcares residuales en el vino. Para abordar estos desafíos y el problema de la baja acidez que es prevalente en regiones vitivinícolas más cálidas, se comparan varias alternativas novedosas. Las alternativas involucran el uso combinado de *Lachancea thermotolerans* para aumentar la acidez de los mostos, bacterias lácticas (*Oenococcus oeni* y *Lactiplantibacillus plantarum*) para asegurar la estabilidad del ácido málico durante las primeras etapas de la fermentación alcohólica, y *Saccharomyces cerevisiae* para completar adecuadamente la fermentación alcohólica.

1. Introducción

Numerosas regiones vitivinícolas enfrentan desafíos relacionados con mostos que muestran posibles obstáculos para la tradicional fermentación maloláctica secuencial después de la fermentación alcohólica. Algunos de estos problemas incluyen concentraciones elevadas de azúcar, niveles insuficientes de nutrientes o contenido reducido de acidez, lo que resulta en un pH cercano a 4. Bajo estas circunstancias, las fermentaciones alcohólicas pueden extenderse más allá de varias semanas o incluso meses, ocasionalmente experimentando lentitud o detención. Estas condiciones propician un ambiente propicio para la proliferación de microorganismos indeseables, incluyendo bacterias lácticas, acéticas o *Brettanomyces* spp., impactando negativamente la calidad del vino al aumentar el ácido acético, fenoles volátiles u otros compuestos indeseables. Estudios previos han propuesto posibles soluciones microbiológicas, como la fermentación alcohólica y maloláctica simultáneas controladas (Urbina et al., 2021), o la utilización de microorganismos alternativos capaces de metabolizar el ácido málico (Benito, 2019).

L. thermotolerans, una levadura no-*Saccharomyces* popular en regiones vitivinícolas cálidas, mejora la calidad del mosto elevando la acidez mediante la producción de ácido láctico durante la fermentación alcohólica (Benito, 2018). Este ácido es químicamente estable, a



diferencia del ácido tartárico, y es generado por *L. thermotolerans* a partir del metabolismo de los azúcares durante la fermentación alcohólica. A diferencia de las bacterias lácticas, su concentración final no depende de la concentración inicial de ácido málico del mosto de uva (Benito, 2018). La literatura científica informa de posibles aumentos de ácido láctico de hasta 10 g/L y reducciones de pH de hasta 0.55 unidades en fermentaciones secuenciales que involucran a *L. thermotolerans* con *Saccharomyces*. Además, la literatura moderna resalta otras virtudes secundarias de *L. thermotolerans*, incluyendo mejoras en el aroma, producción mínima de ácido acético, reducción de etanol, aumento de glicerol, reducción de acetaldehído, mejora del color, y elevación de polisacáridos.

La acción conjunta de levaduras y bacterias lácticas en la fermentación alcohólica presenta una alternativa a la fermentación maloláctica tradicional, especialmente en condiciones exigentes como mostos deficientes en nutrientes, con altos niveles de azúcar y pH elevado. Entre las bacterias lácticas estudiadas en la elaboración del vino, *Oenococcus oeni* y *Lactiplantibacillus plantarum* son las más investigadas. En circunstancias desafiantes, como fermentaciones alcohólicas prolongadas, *O. oeni* podría consumir azúcares residuales, lo que lleva a niveles elevados de ácido acético y concentraciones elevadas de diacetilo. Además, problemas como la generación de aminas biogénicas (Benito, 2019) se intensifican, especialmente en fermentaciones malolácticas espontáneas no controladas realizadas con cepas silvestres no seleccionadas. Por el contrario, cepas elegidas selectivamente de *L. plantarum* demuestran una naturaleza heterofermentativa facultativa, metabolizando selectivamente el ácido málico en mostos sin afectar los azúcares o aumentar la acidez volátil. Esta característica permite la estabilización temprana del ácido málico durante la fermentación alcohólica, ayudando a proteger contra bacterias o microorganismos alterantes al lograr la estabilidad microbiológica. En consecuencia, el interés en la fermentación alcohólica y maloláctica simultáneas ha aumentado para optimizar los tiempos de producción y minimizar los riesgos de desviación. Una limitación notable de *L. plantarum* radica en su moderada sensibilidad al etanol, lo que requiere su recomendación para su uso en las etapas iniciales de la fermentación alcohólica antes de que se desarrollen altas concentraciones de etanol, especialmente en mostos de uva con pH elevado.

Este estudio propone un método alternativo para prevenir y manejar posibles finales difíciles de la fermentación alcohólica en mostos de uva mediante la utilización de fermentaciones malolácticas y alcohólicas combinadas utilizando cepas seleccionadas de levaduras y bacterias. Este enfoque tiene como objetivo mejorar los niveles de acidez, potencialmente mejorando las características sensoriales al aumentar la acidez sin enfrentar las consecuencias negativas asociadas con finales problemáticos

2. Material y Métodos

2.1 Microorganismos y fermentaciones

Este estudio utilizó los siguientes microorganismos: *Lachancea thermotolerans* MJ-311 (Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España), *Oenococcus oeni* Lalvin VP41 (Lallemand, Montreal, Canadá), *Lactiplantibacillus plantarum* ML Prime (Lallemand, Montreal, Canadá), *Saccharomyces cerevisiae* AG006 (Agrovín S.L, Alcázar de San Juan, España) y *Schizosaccharomyces pombe* Atecrem 12H (Bioenologia, Oderzo, Italia). La preparación de todas las cepas de levaduras se realizó en medio YMB (5% peptona, 3 extracto de malta, 3 extracto de levadura y 1 glucosa). Se emplearon 100 mL en botellas de 250 mL, se incubaron a 28 °C con



agitación a 150 rpm durante 24-48 h. Luego se midió la densidad óptica (OD) a 600 nm y se ajustó al OD deseado.

2.2 Vinificaciones

Todas las fermentaciones emplearon mosto de uva *Vitis vinifera* L. Tempranillo obtenido de CarrefourBio (Carrefour España, Alcobendas, Madrid, España). El mosto de uva se enriqueció con 0,30 g/L de Actimax Natura (Agrovin S.A., Alcázar de San Juan, España) y se aumentó a 215 g/L de una mezcla equimolar de glucosa y fructosa (Fisher Scientific, Pittsburgh, EE.UU.) en estrictas condiciones asépticas dentro de una campana de flujo laminar Telstar Mini-H (Telstar S.A., Madrid, España).

Las fermentaciones se llevaron a cabo en botellas de vidrio borosilicato Pyrex™ de 250 mL esterilizadas (Fisherbrand, Pittsburgh, EE.UU.) llenas hasta 210 mL bajo estrictas condiciones asépticas dentro de una campana de flujo laminar Telstar Mini-H (Telstar S.A., Madrid, España). Cada recipiente de fermentación estaba equipado con una tapa de polipropileno parcialmente abierta y un anillo de vertido, lo que permitía la liberación de CO₂ mientras se evitaba la contaminación microbiana. Estas fermentaciones se replicaron tres veces a 25 °C utilizando una cámara climatizada Zanotti Ecology (Zanotti, Pieve di Soligo, Italia).

Las concentraciones iniciales, tras las correcciones, comprendieron 215 g/L de glucosa y fructosa (Fisher Scientific, Pittsburgh, EE.UU.), pH = 3,5, nitrógeno aminoacídico primario = 198 mg/L, nitrógeno amoniacal = 32 mg/L, y ácido málico = 1,48 g/L. Las concentraciones iniciales de ácido láctico y acético eran ambas inferiores a 0,1 g/L. Se administraron diez tratamientos distintos, y la Tabla 1 detalla las combinaciones de especies empleadas en cada tratamiento y los tiempos de inoculación secuencial.

El precultivo de las cepas de *L. thermotolerans* (LT), *S. pombe* (SP), *O. oeni* (OE), *L. plantarum* (LP) y *S. cerevisiae* (SC) se realizó en 50 mL de medio YMB en botellas de 100 mL de borosilicato, agitadas a 25 °C y 150 rpm durante 24 horas. Se utilizaron lecturas de densidad óptica mediante un espectrofotómetro (Genesys 2.0 Spectrophotometer, ThermoFisher, Waltham, MA, EE.UU.), empleando el valor más bajo obtenido. Los cultivos de fermentación se inoculaban a una concentración de 10⁶ células/mL (≈0,2 O.D.).

La cinética fermentativa de las fermentaciones alcohólicas se monitorizó midiendo la pérdida de peso cada 24 horas, y las fermentaciones se consideraron completas cuando la pérdida de peso fue inferior al 0,01% por día. Después de la fermentación, todos los vinos se centrifugaron (7000 rpm durante 5 minutos) y se almacenaron a 4°C hasta su posterior análisis.

En las fermentaciones secuenciales de levadura, la especie de levadura más fermentativa (*S. cerevisiae* o *S. pombe*) se inoculó 3 días (72 horas) después de la inoculación inicial de *L. thermotolerans*. En las fermentaciones mixtas que involucraban levadura y bacterias lácticas, las bacterias lácticas se introdujeron 24 horas después de la inoculación inicial de la levadura. Las fermentaciones malolácticas secuenciales siguieron a la fermentación alcohólica en botellas de vidrio borosilicato Pyrex™ de 100 mL (Fisherbrand, Pittsburgh, EE.UU.) totalmente llenas sin espacio de aire bajo estrictas condiciones asépticas dentro de una campana de flujo laminar Telstar Mini-H (Telstar S.A., Madrid, España) en recipientes de 200 mL a 18°C hasta que el ácido málico se consumió totalmente.

2.3 Determinaciones de parámetros enológicos básicos

Se utilizó un autoanalizador enzimático Miura Micro y sus kits enzimáticos (TDI, Barcelona, España) para realizar determinaciones de glucosa y fructosa, ácido L-málico, ácido L-láctico y



ácido acético. La determinación de etanol, acidez total, ácido succínico, pH, glicerol, intensidad de color y coordenadas CIELAB en los vinos resultantes se llevaron a cabo utilizando un autoanalizador FTIR Bacchus 3 MultiSpec (TDI, Barcelona, España). El pH se midió con un medidor de pH Crison Basic 20 (Crison, Barcelona, España).

3. Resultados

3.1 Glucosa y fructosa

Todas las fermentaciones concluyentes alcanzaron concentraciones finales de glucosa y fructosa por debajo de 2 g/L (**Tabla1**), lo que indica la finalización exitosa de todas las fermentaciones alcohólicas. Las fermentaciones alcohólicas que involucraron a *S. cerevisiae* fermentaron más rápido, finalizando en 12 días, mientras que las fermentaciones secuenciales que involucraron a microorganismos no-Saccharomyces requirieron entre 4 y 8 días adicionales para finalizar la fermentación alcohólica. Investigaciones previas han indicado que *L. thermotolerans* generalmente no puede fermentar más allá del 10% (v/v) de concentraciones de etanol (Benito, S., 2018; Vicente et al., 2021). Sin embargo, cuando se combina con especies de levadura más fermentativas como las pertenecientes a los géneros *Saccharomyces* o *Schizosaccharomyces*, las fermentaciones alcohólicas tienden a concluir de manera efectiva, especialmente en la producción de vinos secos industriales estándar (Benito, S. 2020). Los hallazgos de este estudio corroboran estas afirmaciones anteriores.

Tabla 1. Análisis químico básico final de fermentaciones: *S. cerevisiae* solo (SC); fermentación secuencial con *S. cerevisiae* y *O. oeni* (SC...OE); fermentación secuencial con *L. thermotolerans* y *S. cerevisiae* (LT...SC); fermentación secuencial con *L. thermotolerans* y *S. cerevisiae*, seguida de *O. oeni* (LT...SC...OE); fermentación secuencial con *L. thermotolerans* y *S. pombe* (LT...SP); *S. pombe* solo (SP); fermentación secuencial con *L. thermotolerans* y *O. oeni*, seguida de *S. cerevisiae* (LT*OE...SC); fermentación secuencial con *L. thermotolerans* y *L. plantarum*, seguida de *S. cerevisiae* (LT*LP...SC); fermentación con *S. cerevisiae* seguida de *O. oeni* 1 día después (SC*OE); fermentación con *S. cerevisiae* seguida de *L. plantarum* 1 día después (SC*LP).

Especies empleadas	Etanol (%)	pH	Acidez	Ácido
			Total (g/L)	Acético (g/L)
SC	12.53±0.02d	3.53±0.01cd	5.57±0.05d	0.18±0.02d
SC...OE	12.49±0.07d	3.62±0.01e	4.76±0.03b	0.34±0.02e
LT...SC	12.35±0.05d	3.45±0.01a	6.34±0.19e	0.09±0.03ab
LT...SC...OE	12.11±0.05bc	3.52±0.04bcd	5.78±0.11d	0.15±0.01cd
LT*OE...SC	12.10±0.05bc	3.48±0.02ab	6.17±0.09e	0.31±0.03e
LT*LP...SC	12.05±0.06b	3.50±0.02bc	6.11±0.12e	0.12±0.03bc
SC*LP	11.97±0.07ab	3.56±0.02d	5.25±0.08c	0.16±0.03cd
SC*OE	12.06±0.08b	3.64±0.01e	4.77±0.04b	0.30±0.02e
SP	12.32±0.13cd	3.71±0.02f	4.32±0.18a	0.09±0.03ab
LT...SP	11.78±0.35a	3.54±0.03cd	5.58±0.28d	0.06±0.04a



Especies empleadas	Ácido Láctico (g/L)	Ácido Succínico (g/L)	Glucosa + Fructosa (g/L)	Glicerol (g/L)
SC	0.00±0.00a	0.57±0.02b	1.34±0.20ef	4.58±0.01bcd
SC...OE	0.68±0.03c	0.43±0.04a	0.48±0.08abc	4.61±0.08bcd
LT...SC	1.46±0.18d	0.78±0.05de	0.65±0.18bc	4.62±0.24bcd
LT...SC...OE	1.90±0.12e	0.60±0.05bc	1.29±0.11e	4.83±0.30d
LT*OE...SC	2.37±0.04f	0.71±0.06cde	0.37±0.21ab	4.04±0.13a
LT*LP...SC	1.55±0.04d	0.83±0.05e	0.20±0.15a	4.31±0.21ab
SC*LP	0.41±0.03b	0.54±0.09ab	1.12±0.22de	4.48±0.05bcd
SC*OE	0.60±0.06bc	0.41±0.04a	0.82±0.28cd	4.40±0.12bc
SP	0.00±0.00a	1.07±0.15f	0.31±0.13ab	5.40±0.39e
LT...SP	1.60±0.31d	0.70±0.08cd	1.68±0.36f	4.74±0.25cd

3.2 Ácido Málico

El consumo de ácido málico varió en todas las fermentaciones, comenzando con un valor inicial de 1,48 g/L en el mosto de uva (Tabla 1). Cuando se combinó con *O. oeni*, la fermentación mixta resultó en un consumo completo del 100% del ácido málico inicial, consistente con hallazgos anteriores. Sin embargo, estudios anteriores indican que el nivel de reducción varía según las cepas específicas de *L. thermotolerans* y *O. oeni* utilizadas. En algunas ocasiones, cuando *L. thermotolerans* produce rápidamente altas concentraciones de ácido láctico al principio de la fermentación alcohólica, puede inhibir el rendimiento de *O. oeni* o *L. plantarum* (Vicente et al., 2022). Las fermentaciones que involucraron una combinación de *L. thermotolerans* y *S. pombe* mostraron una tasa de consumo del 97% del ácido málico inicial, similar a las fermentaciones mixtas usando levaduras y *O. oeni*. La mayoría de los estudios han reportado reducciones cercanas al 100% al combinar *L. thermotolerans* y *S. pombe* (S. Benito, 2020), mientras que otros muestran consumos más moderados alrededor del 50%. Estas combinaciones de fermentación son particularmente relevantes en escenarios donde las fermentaciones alcohólicas y malolácticas simultáneas podrían aumentar la acidez volátil (S. Benito, 2020; Vicente et al., 2022), como cuando ambas fermentaciones ocurren simultáneamente en un estado lento, potencialmente elevando la acidez volátil debido a la actividad metabólica de las bacterias lácticas sobre los azúcares residuales.

La fermentación pura de *S. pombe* resultó en el consumo del 95% de la concentración inicial de ácido málico. Estudios previos han informado que *S. pombe* consume ácido málico a tasas que varían entre el 50% y el 100% (S. Benito, 2019). Interesantemente, un estudio observó una mayor degradación del ácido málico al combinar *S. pombe* con cepas específicas de *L. thermotolerans* en comparación con la fermentación pura de *S. pombe* (Vicente et al., 2023). En ese estudio, la cepa de *L. thermotolerans* elegida fue seleccionada no solo para producir ácido láctico sino también para consumir más del 50% del ácido málico inicial. En este estudio, la fermentación mixta que involucra a *L. thermotolerans* y *S. cerevisiae* consumió aproximadamente



el 44% del ácido málico inicial, mientras que la *S. cerevisiae* pura consumió el 18%. La mayoría de las cepas de *L. thermotolerans* exhiben aproximadamente un consumo del 20% de ácido málico (S. Benito, 2018), aunque ciertas cepas específicas pueden alcanzar entre el 50% y el 60% (Vicente et al., 2021), lo cual es valioso en la producción de vinos tintos. Estudios anteriores también han indicado que cepas específicas de *S. cerevisiae* pueden reducir hasta el 50% del ácido málico (Vicente et al., 2022). Sin embargo, la mayoría de las cepas de *S. cerevisiae* tienden a consumir concentraciones más bajas de ácido málico, típicamente entre el 10% y el 20% (Vicente et al., 2022).

Las fermentaciones que incluyeron la bacteria de ácido láctico *L. plantarum* redujeron notablemente los niveles de ácido málico en un 58% a un 62% (**Tabla 1**). Estudios anteriores también señalan reducciones comparables de aproximadamente el 50% (Gardoni et al., 2021), mientras que otros informes indican reducciones del ácido málico de hasta el 100% (Vicente et al., 2022). Sin embargo, otras investigaciones han mostrado una descomposición más sustancial del ácido málico, alcanzando hasta el 100% cuando se combina especialmente *L. thermotolerans* y *L. plantarum* (Urbina et al., 2021). Específicamente, en casos donde el mosto original tenía un pH de 4, *L. plantarum* mostró un rendimiento mejorado (Urbina et al., 2021).

3.3 Ácido Láctico

En todas las fermentaciones en las que estuvieron involucradas *L. thermotolerans* o bacterias de ácido láctico (*O. oeni* o *L. plantarum*), el resultado fue la producción de ácido láctico (Tabla 2). Por el contrario, las fermentaciones puras realizadas con *S. cerevisiae* o *S. pombe* no produjeron ácido láctico debido a la ausencia de capacidad en estos microorganismos para producir este ácido. Notablemente, las fermentaciones que involucraron a *L. thermotolerans* mostraron las concentraciones finales más altas de ácidos lácticos, que van desde 1,46 g/L hasta 2,37 g/L (Tabla 2). En particular, la fermentación secuencial combinada de *L. thermotolerans* y *O. oeni* (LT*OE...SC) resultó en una producción significativamente mayor de ácido láctico en comparación con la simple combinación de *L. thermotolerans* y *S. cerevisiae* (LT...SC). Esta observación coincide con estudios previos que han discutido fenómenos similares basados en el metabolismo del ácido málico y el metabolismo del azúcar de *O. oeni* (Urbina et al., 2021). Investigaciones anteriores han documentado un espectro de producción de ácido láctico por *L. thermotolerans*, que varía de 0 a 6 g/L (Benito, 2018). Esta variabilidad está influenciada por varios factores, incluyendo la cepa específica de *L. thermotolerans*, su combinación con cepas de *S. cerevisiae*, la duración de la fermentación pura y otros factores pertinentes (Vicente et al., 2021; Vicente et al., 2022). También se ha observado la producción de ácido láctico en fermentaciones combinadas secuenciales que involucran a *L. thermotolerans*, *O. oeni* y *S. cerevisiae*, que van desde 0,7 g/L hasta 2,91 g/L (Urbina et al., 2021) cuando todo el ácido málico fue consumido. Además, en comparaciones realizadas entre fermentaciones combinadas que involucran a *L. thermotolerans* y *S. pombe* frente a aquellas entre *L. thermotolerans* y *S. cerevisiae*, se observaron niveles similares de producción de ácido láctico (**Tabla 1**).

3.4 Ácido Acético

La participación de *O. oeni* en las fermentaciones condujo a concentraciones finales notablemente más altas de ácido acético en comparación con sus controles respectivos que no se sometieron a fermentación maloláctica. En fermentaciones realizadas únicamente con *Saccharomyces cerevisiae*, el aumento en el ácido acético después de la fermentación maloláctica



secuencial fue de 0,16 g/L y 0,12 g/L para fermentaciones malolácticas simultáneas. En fermentaciones mixtas que involucran a *L. thermotolerans* y *S. cerevisiae*, los aumentos de ácido acético fueron de 0,06 g/L para fermentación maloláctica secuencial y 0,22 g/L para fermentación maloláctica simultánea. Sin embargo, todas las concentraciones finales de ácido acético se mantuvieron por debajo del umbral de fallo reconocido de aproximadamente 0,8 g/L. Este aumento observado coincide con hallazgos de investigaciones anteriores (Urbina et al., 2021), aunque existen observaciones contrarias. El fenómeno se atribuye comúnmente a la actividad heterofermentativa de *O. oeni* sobre azúcares fermentables. Las fermentaciones que involucraron a *L. thermotolerans* produjeron aproximadamente un 50% menos de ácido acético final en comparación con los controles estándar de *S. cerevisiae*. Estudios previos indican que *L. thermotolerans* produce menos ácido acético que *S. cerevisiae*, aunque con variaciones específicas de la cepa (S. Benito, 2018; Vicente et al., 2021). Las fermentaciones con *S. pombe* exhibieron las concentraciones más bajas de ácido acético. A pesar de que la especie *S. pombe* es un productor alto de ácido acético, estudios recientes sugieren que ciertas cepas pueden generar concentraciones moderadas a bajas (S. Benito, S. 2019). La cepa específica de *S. pombe* empleada en este estudio fue seleccionada por esta característica.

3.5 pH

La fermentación única de *S. pombe* mostró el pH final más alto de 3,71, mientras que la fermentación secuencial que involucra a *L. thermotolerans* y *S. cerevisiae* demostró el pH final más bajo de 3,45. La fermentación maloláctica secuencial indujo aumentos de pH que oscilan entre 0,07 y 0,09 unidades en comparación con sus controles originales respectivos.

3.6 Glicerol

La fermentación pura de *S. pombe* demostró la concentración de glicerol más alta registrada, alcanzando hasta 5,4 g/L. Combinaciones secuenciales que involucran a *L. thermotolerans* con *S. cerevisiae* o *S. pombe* resultaron en concentraciones de glicerol que varían de 4,61 a 4,83 g/L (Tabla 2). Investigaciones previas han destacado al género *Schizosaccharomyces* como un productor superior de glicerol en comparación con *Saccharomyces*, aunque se ha observado variabilidad de la cepa dentro de ambos géneros, similar a la diversidad observada dentro de las cepas de *Saccharomyces* (S. Benito, 2019; S. Benito, 2020). Una variación similar en la producción de glicerol se ha observado para *L. thermotolerans* (S. Benito, 2018; Vicente et al., 2021). En la fermentación pura de *S. cerevisiae*, la concentración final de glicerol fue de 4,58 g/L. Por el contrario, las combinaciones simultáneas de *L. thermotolerans* con bacterias de ácido láctico resultaron en las concentraciones más bajas de glicerol, que oscilan entre 4,04 y 4,48 g/L.

4. Conclusiones

El consumo de ácido málico mostró variabilidad entre las fermentaciones, siendo completamente consumido en presencia de *O. oeni*. Las combinaciones de *L. thermotolerans* y *S. pombe* también mostraron un notable consumo de ácido málico, mientras que *S. cerevisiae* mostró un consumo comparativamente menor. Todas las fermentaciones que involucraron a *L. thermotolerans* o bacterias de ácido láctico resultaron en la producción de ácido láctico. Las fermentaciones relacionadas con *L. thermotolerans* mostraron las concentraciones finales más altas de ácido láctico, especialmente cuando se combinaban con *O. oeni*. Tanto *L. thermotolerans*



como *S. pombe* demostraron concentraciones finales más altas de ácido succínico en comparación con *S. cerevisiae*. La fermentación pura de *S. pombe* resultó en la concentración más alta de ácido succínico. La presencia de *O. oeni* condujo a concentraciones finales notablemente más altas de ácido acético. *L. thermotolerans* mostró una disminución en la concentración de ácido acético en comparación con el control de *S. cerevisiae*. *S. pombe* mostró el pH final más alto, mientras que las fermentaciones secuenciales con *L. thermotolerans* y *S. cerevisiae* mostraron el pH final más bajo. La fermentación pura de *S. pombe* resultó en la concentración más alta de glicerol. Las combinaciones de *L. thermotolerans* con bacterias de ácido láctico llevaron a concentraciones más bajas de glicerol. Los vinos fermentados con *S. pombe* mostraron la intensidad de color más pronunciada, mientras que *L. thermotolerans* mostró la intensidad de color final más baja. Las fermentaciones exclusivamente con *L. thermotolerans* y *S. pombe* demostraron una reducción significativa en la concentración de etanol en comparación con el control de *S. cerevisiae*. Esta reducción se atribuyó al metabolismo del ácido láctico de *L. thermotolerans*, desviando los átomos de carbono lejos del metabolismo del etanol.

5. Bibliografía

1. BENITO, S. (2018). The impacts of *Lachancea thermotolerans* yeast strains on winemaking. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102(16), 6775–6790.
2. BENITO, S. (2019). The Management of Compounds that Influence Human Health in Modern Winemaking from an HACCP Point of View. *Fermentation*, 5, 33.
3. BENITO, S. (2019). The impacts of *Schizosaccharomyces* on winemaking. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103(11), 4291–4312.
4. BENITO, S. (2020). Combined use of *Lachancea thermotolerans* and *Schizosaccharomyces pombe* in winemaking: A review. *Microorganisms*, 8(5), 655–673.
5. GARDONI, E., BENITO, S., SCANSANI, S., BREZINA, S., FRITSCH, S., & RAUHUT, D. (2021). Biological Deacidification Strategies for White Wines. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 42(2), 114–122.
6. URBINA, Á., CALDERÓN, F., & BENITO, S. (2021). The combined use of *Lachancea thermotolerans* and *Lactiplantibacillus plantarum* (formerly *Lactobacillus plantarum*) in wine technology. *Foods*, 10(6), 1356-1371.
7. VICENTE, J., NAVASCUÉS, E., CALDERÓN, F., SANTOS, A., MARQUINA, D., & BENITO, S. (2021). An integrative view of the role of *Lachancea thermotolerans* in wine technology. *Foods*, 10(11), 2878–2904.
8. VICENTE, J., BARAN, Y., NAVASCUÉS, E., SANTOS, A., CALDERÓN, F., MARQUINA, D., RAUHUT, D., & BENITO, S. (2022). Biological management of acidity in wine industry: A review. *International Journal of Food Microbiology*, 375, 109726–109741.

Efecto de la maceración con los hollejos antes y durante la fermentación alcohólica en la composición química y el perfil sensorial de los vinos de Garnacha Blanca

Juana Martínez, Elisa Baroja

*Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (Gobierno de La Rioja. CSIC. Universidad de La Rioja).
Finca La Grajera Ctra Burgos Km. 6. 26071 Logroño (La Rioja).
Tfno: 941894980. e-mail: jmartinezq@larioja.org*

1. Introducción

La maceración es una técnica habitualmente utilizada en la elaboración de vinos blancos para favorecer la liberación de los componentes del hollejo. Esta práctica generalmente se aplica durante la fase prefermentativa, consiste en mantener el mosto en contacto con los hollejos después del estrujado y despalillado de la uva, antes de iniciarse la fermentación alcohólica. Este proceso favorece la liberación de los aromas varietales del hollejo, y también de otros compuestos (aminoácidos, glutatión, polifenoles...), por lo que aumenta la complejidad de los vinos y se modifica su perfil sensorial, permitiendo la elaboración de vinos con estilos diferentes.

En los últimos años se han observado tendencias innovadoras hacia la elaboración de nuevos productos, como son los denominados “vinos naranja” o “vinos de pieles”, en los que la maceración se desarrolla durante la fermentación alcohólica. Esta nueva categoría de vinos ha sido regulada únicamente en Sudafrica (2015) y en Canadá (2017) (Lorteau, 2018). Se trata de una técnica de elaboración ancestral empleada en Georgia hace más de 8000 años, y que actualmente se utiliza para la producción de los vinos denominados “quevri”, fermentados y se envejecidos en recipientes de arcilla (Bene et al., 2019).

La maceración con hollejos durante la fermentación ha sido objeto de diferentes estudios en los últimos años. Los resultados obtenidos con este tipo de elaboraciones son muy variables dependiendo de diferentes factores (variedad de uva, grado de madurez, condiciones de la maceración...). La duración del tiempo de contacto con los hollejos puede modificar la complejidad del vino, con la aparición de nuevos atributos sensoriales e incrementar su potencial de envejecimiento (Aleixandre-Tudó et al. 2015). En general, numerosos autores (Bestulic et al., 2022; Lukic et al., 2017; Radeka et al., 2023) concluyeron que la maceración con hollejos durante la fermentación alcohólica puede contribuir a diversificar el mercado del vino, ya que permite la obtención de nuevos estilos de vinos blancos interesantes y peculiares.

El objetivo de este trabajo fue el estudio de la influencia de la maceración con hollejos en diferentes momentos del proceso de vinificación (antes y durante la fermentación alcohólica) sobre la composición y el perfil sensorial de los vinos de Garnacha Blanca.

2. Material y Métodos

El estudio se llevó a cabo durante la campaña 2023 con uva de la variedad Garnacha Blanca. La vendimia se realizó de forma manual el día 6 de septiembre con un nivel de madurez óptimo y buen estado sanitario. Aproximadamente, un total de 800 kg de uva fueron recogidos y divididos en cuatro lotes de 200 kg cada uno. Uno de los lotes fue destinado a la vinificación control, sin maceración con los hollejos. Una vez estrujada la uva se prensó en una prensa



neumática (3 bar), se adicionaron 60 mg /L de anhídrido sulfuroso y enzimas pectolíticas (1 g/Hl, Lafazym CL, Laffort S.L.). El desfangado del mosto se efectuó en cámara frigorífica a 10 °C durante 15 h. El mosto clarificado, con un nivel de turbidez de 85 NTU, se inoculó con levaduras comerciales *Saccharomyces cerevisiae* (Zymaflore X16, Laffort S.L.) para llevar a cabo la fermentación alcohólica. En otro de los lotes, después del estrujado y despalillado de la uva se efectuó una maceración prefermentativa del mosto con los hollejos durante 24 horas en cámara frigorífica a baja temperatura (10 °C). A continuación, se procedió al prensado y desfangado del mosto en las mismas condiciones que en la vinificación control. En los otros dos lotes la uva se estrujó y despalilló, se añadieron 60 mg/l de anhídrido sulfuroso y se realizó la inoculación con levaduras, realizándose la maceración con los hollejos de forma paralela al desarrollo de la fermentación alcohólica, aplicando un bazuqueo diario. Se estudiaron dos tipos de maceración dependiendo del tiempo de contacto con los hollejos, maceración corta durante 6 días y larga con 12 días. Transcurrido dicho periodo se efectuó el prensado de la uva en las mismas condiciones que en la vinificación control. Los ensayos se efectuaron por triplicado en depósitos de 30 L., que se mantuvieron en una cámara frigorífica a 16°C, alcanzado los mostos en fermentación una temperatura entre 18 y 21°C. Una vez concluido el proceso, los vinos se sulfitaron (40 mg/l) y se conservaron en frío durante un mes antes de su embotellado, posteriormente se analizó su composición química y se efectuó la valoración sensorial.

En los vinos resultantes se determinó la composición físico-química general (grado alcohólico, pH, acidez total, ácido tartárico, ácido málico y potasio), los parámetros colorimétricos (D.O. 420 nm y coordenadas CIELab) y la composición fenólica: polifenoles totales (IPT 280 nm), ácidos hidroxicinámicos (D.O. 320 nm), flavonoles (D.O. 365 nm), taninos y catequinas. Asimismo, se analizó el contenido de aromas fermentativos mediante C. Gases y el de polifenoles de bajo peso molecular por UPLC-MS/MS. El análisis organoléptico fue efectuado por un panel de cata que valoró las diferentes fases con puntuaciones decrecientes al aumentar la calidad, y los descriptores aromáticos y gustativos mediante una escala estructurada de 10 puntos. Por otra parte, se realizaron pruebas de cata triangulares conforme a la Norma UNE-EN ISO 4120:2022 (AENOR, 2022), que se efectuaron en copa negra.

3. Resultados

3.1. Desarrollo de la fermentación alcohólica

La cinética fermentativa mostró notables diferencias entre los mostos testigo y los elaborados con diferentes tipos de maceración (Figura 1). Esta práctica incrementó la velocidad de fermentación, y por ello la duración de este proceso se acortó con respecto a la elaboración testigo, siendo esta diferencia de 5 días en el caso de la maceración prefermentativa y de 7 y 10 días respectivamente en los casos de maceración paralela a la fermentación alcohólica durante 12 y 6 días. Estos resultados confirman los observados por otros autores (Sancho-Galán et al., 2021) y podrían justificarse debido a la cesión de compuestos nitrogenados por los hollejos durante la maceración.

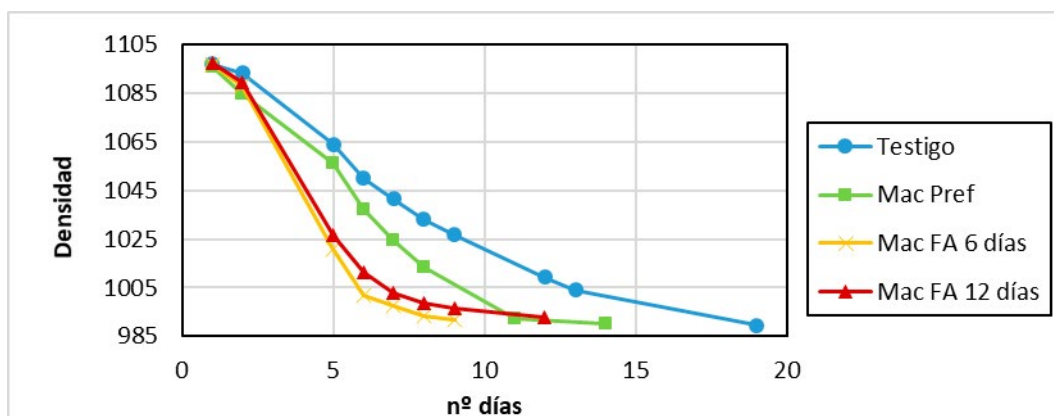


Figura 1. Evolución de la fermentación alcohólica en mostos con diferentes tipos de maceración

3.2. Composición de los vinos

Se observaron notables diferencias significativas en la composición de los vinos control y los obtenidos con diferentes tipos de maceración (Tabla 1). Los valores de pH aumentaron en todos los vinos macerados respecto al testigo, mientras que la acidez total disminuyó con la maceración prefermentativa y aumentó cuando se efectuó de forma paralela a la fermentación. La concentración de ácido tartárico disminuyó en los vinos macerados, con independencia del tipo de maceración. Este proceso favoreció la extracción de potasio, observándose el mayor incremento cuando la maceración se efectuó durante la fermentación alcohólica. La precipitación en forma de bitartrato potásico, dio lugar a una a la disminución del contenido de ácido tartárico y de la acidez total. La concentración de ácido málico fue superior en los vinos macerados, aumentando de forma más significativa cuando se realizó durante la fermentación alcohólica. El contenido en glicerol fue más elevado en los vinos macerados durante 6 días en fermentación y más bajo en los testigos.

La maceración dio lugar a modificaciones muy significativas en el color de los vinos, debido a la importante extracción de compuestos fenólicos de las partes sólidas de la uva. El color amarillo (D.O. 420 nm y CIELab b*) se incrementó en los vinos elaborados con maceración respecto a los testigos, alcanzando los valores más elevados en el caso de la maceración paralela a la fermentación durante 6 días. El color CIELab en los vinos testigo y en los elaborados con maceración prefermentativa fue amarillo/verdoso, y en los macerados 6 y 12 días durante la fermentación fue clasificado como pardo y amarillo paja respectivamente. Las coordenadas CIELab a* (rojo/verde), b* (amarillo/azul) y C* (croma) aumentaron con la maceración, alcanzando los valores más elevados cuando se efectuó durante 6 días de fermentación. Las coordenadas L* (claridad) y CIELab H* (tono) presentaron valores más elevados en los vinos testigo, disminuyendo con la maceración.

La concentración de taninos y catequinas se vio influenciada significativamente por la maceración únicamente cuando se realizó de forma paralela a la fermentación, con independencia de su duración. El contenido de ácidos hidroxicinámicos (D.O. 320 nm) y flavonoles (D.O. 365 nm) no aumentó con la maceración prefermentativa, y el de polifenoles totales (IPT 280 nm) ligeramente; por el contrario, todos estos compuestos se incrementaron de forma más intensa cuando la maceración se efectuó durante la fermentación. Los taninos aumentaron su contenido 6 veces respecto al obtenido en los vinos testigo, y en el caso de las catequinas este aumento fue bastante mayor, alcanzando una concentración 10 veces superior a los testigos.



Tabla 1. Influencia de diferentes tipos de maceración sobre la composición de los vinos

Parámetros	Testigo	Maceración Prefermentativa	Maceración FA	
			6 días	12 días
Grado alc. (% v/v)	13.49	13.73	13.51	13.42
pH	3.28 b	3.57 a	3.59 a	3.54 a
Ac. Total (g/l)	5.03 b	4.25 c	5.36 a	5.44 a
Ac. Tartárico (g/l)	2.86 a	1.91 b	1.99 b	1.79 b
Ac. Málico (g/l)	0.62 c	0.99 b	1.56 a	1.56 a
Potasio (mg/l)	574 d	790 c	956 a	864 b
Glicerol (g/l)	6.88 b	7.07 ab	7.36 a	7.22 ab
D.O. 420 nm	0,078 d	0,112 c	0,238 a	0,152 b
D.O. 320 nm	8.94 bc	9.66 b	8.53 c	10.97 a
D.O. 365 nm	1,49 b	1.57 b	1,78 a	1.90 a
IPT 280 nm	8.18 c	9.75 b	16.81 a	17.35 a
CIELab a*	-0,60 c	-0,55 c	2.44 a	0,31 b
CIELab b*	5.13 d	6.73 c	15.72 a	10.03 b
CIELab L*	98.22 a	97.31 b	93.95 d	96.46 c
CIELab C*	5,17 d	6.75 c	15.92 a	10.03 b
CIELab H*	96.68 a	94,64 b	81,22 d	88,20 c
Color CIELab	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso	Pardo	Amarillo paja
Taninos (g/l)	0.089 b	0,112 b	0,553 a	0,529 a
Catequinas (mg/l)	35,37 b	36.47 b	321.42 a	330.28 a

Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas según el test de Tukey $p < 0.05$

La maceración con hollejos durante la fermentación alcohólica condujo a un aumento muy significativo del contenido fenólico en los vinos, ya que los procesos de extracción se vieron favorecidos por la presencia de etanol. Esta podría ser la causa del importante aumento observado en la concentración de catequinas, compuestos localizados principalmente en las semillas, cuya liberación al mosto se favorece por efecto del alcohol (Bestulic et al., 2022).

En otros trabajos se observaron efectos similares de esta práctica enológica aplicada en diferentes variedades sobre los parámetros relacionados con la acidez, así como con el incremento de color amarillo y de compuestos fenólicos, especialmente cuando este proceso se llevó a cabo durante la fermentación alcohólica (Bestulick et al., 2022; Lamçe et al., 2017; Lukic et al., 2018; Olejar et al., 2016; Radeka et al., 2023).

La composición aromática de los vinos experimentó modificaciones como consecuencia de los tratamientos de maceración aplicados (Tabla 2). En los vinos elaborados con maceración prefermentativa se obtuvieron concentraciones más elevadas de acetatos y ácidos que en el resto de tratamientos, siendo el contenido total de ésteres superior a los vinos control sin maceración.



Tabla 2. Composición aromática de los vinos

Compuestos	Testigo	Maceración Prefermentativa	Maceración FA	
			6 días	12 días
1-Propanol	14.10 c	19.62 b	28.21 a	26.23 a
Isobutanol	51.41 b	50.22 b	77.21 a	68.63 a
1-Butanol	0.501 c	0.857 b	1.26 a	1.32 a
Alcoholes amílicos	360 b	366 b	486 a	458 a
2-fenil-etanol	58.4 a	53.9 bc	56.7 ab	53.7 c
1-Hexanol	0.434 c	0.369 c	1.73 b	2.36 a
Alcohol bencílico	0.122 c	0.229 a	0.187 b	0.085 d
Metionol	2.29	1.88	2.25	2.44
cis 3-hexenol	0.055 d	0.075 c	0.121 b	0.176 a
3-etoxi-1-propanol	0.080 c	0.161 b	0.332 a	0.300 a
Σ Alcoholes	488 b	493 b	654 a	614 a
Acetato isoamilo	1.07 c	6.49 a	4.14 b	1.93 c
Acetato hexilo	0.025 b	0.061 a	0.036 b	0.014 c
Acetato 2-feniletilo	0.297 b	0.752 a	0.233 c	0.046 d
Σ Acetatos	1.39 c	7.30 a	4.41 b	1.99 c
Propionato etilo	0.078 c	0.139 b	0.154 ab	0.187 a
Etil-3-hidroxibutirato	0.444 c	0.600 b	0.684 ab	0.721 a
Isobutirato etilo	0.023	0.022	0.033	0.035
Butirato etilo	0.116 c	0.244 b	0.236 b	0.322 a
Hexanoato etilo	0.333 c	0.545 a	0.450 b	0.559 a
Octanoato etilo	0.220 b	0.407 a	0.258 b	0.271 b
Decanoato etilo	0.060 ab	0.072 a	0.015 b	0.024 b
Σ Esteres	1.27 c	2.03 ab	1.83 b	2.12 a
Acido isobutírico	0.868 a	0.600 ab	0.789 a	0.434 b
Acido isovalérico	2.55	2.33	2.79	2.54
Acido hexanoico	2.77 b	5.51 a	2.88 b	3.47 b
Acido octanoico.	3.19 b	5.46 a	1.91 c	1.66 c
Acido dodecanoico	0.156 b	0.376 a	0.130 b	0.083 b
Σ Ácidos	5.93 b	14.28 a	8.50 b	8.18 b
Acetato etilo	21.3 c	54.0 b	49.9 b	73.5 a
Lactato etilo	0.918 a	0.773 b	0.903 a	0.805 ab
Succinato dietilo	0.159 b	0.173 b	0.229 a	0.271 a
Diacetilo	0.026 b	0.031 ab	0.049 a	0.044 a
Butirolactona	1.19 c	1.55 b	2.25 a	2.34 a
Metanol	52.8 b	53.8 b	106 a	104 a

Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas según el test de Tukey $p < 0.05$

El empleo de maceración durante la fermentación alcohólica dio lugar a un incremento del contenido en alcoholes y ésteres, estos últimos similares a la maceración prefermentativa. El contenido de acetatos se incrementó con respecto al control en el caso de la maceración corta en fermentación (6 días) y no mostró diferencias cuando se prolongó hasta 12 días. Estos compuestos manifiestan un alto impacto sensorial en el aroma de los vinos aportando notas características (plátano, rosas, floral...). Otros compuestos volátiles (acetato de etilo, lactato de etilo, succinato de dietilo, diacetilo, butirolactona y metanol) también aumentaron en los vinos macerados frente al control, sobre todo cuando la maceración fue simultánea al proceso de fermentación.



En otros trabajos los efectos de esta práctica fueron variables dependiendo de las condiciones empleadas. Radeka et al. (2023) también observaron un incremento mayor de acetatos y ésteres con el empleo de maceración prefermentativa. Lukic et al. (2017) indicaron que los vinos de la variedad Moscatel fermentados en presencia de hollejos se enriquecieron en volátiles varietales y presentaron menor contenido de aromas fermentativos. Aleixandre-Tudó et al. (2015) obtuvieron mayor contenido de alcoholes en vinos de la variedad Chenin fermentados con hollejos, y más bajos de terpenos, ésteres y tioles.

La extracción de la mayor parte de los compuestos fenólicos de la uva se vio favorecida por los tratamientos de maceración, sobre todo cuando se realizó de forma simultánea a la fermentación (Figura 2).

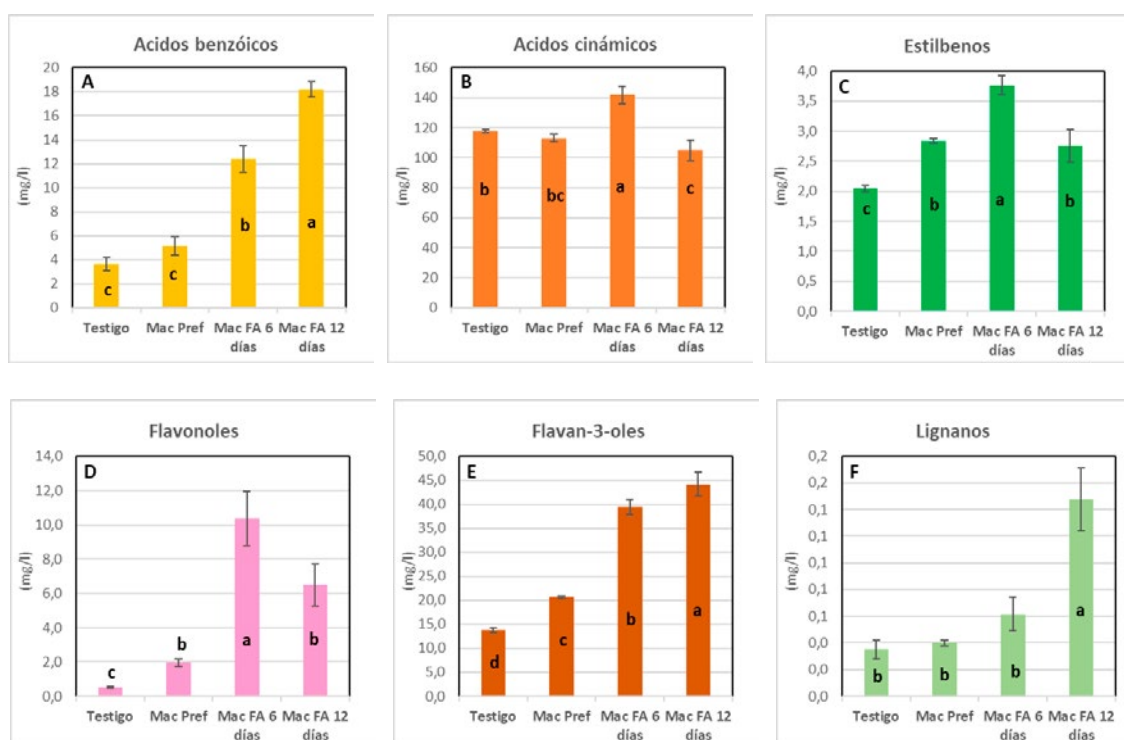


Figura 2. Influencia de la maceración sobre la composición fenólica de los vinos: (A) ac. benzóicos, (B) ac. cinámicos, (C) estilbenos, (D) flavonoles, (E) flavan-3-oles y (F) lignanos

La maceración prefermentativa dio lugar a un incremento moderado de estilbenos, flavonoles y flavan-3-oles respecto a la vinificación control. Estos compuestos aumentaron de forma más acusada cuando la maceración se realizó durante la fermentación, y además se incrementaron otras familias fenólicas (ácidos benzóicos y lignanos). El contenido de ácidos cinámicos únicamente aumento cuando su duración se prolongó durante 12 días. La maceración corta (6 días) efectuada simultáneamente a la fermentación condujo al mayor incremento de fenoles totales (51%) respecto al control, siendo dicho aumento del 27.4% con una duración de 12 días. Los polifenoles son responsables del color y características gustativas de los vinos, así como de su potencial de envejecimiento, y debido a su actividad antioxidante pueden ejercer efectos positivos sobre la salud. Su concentración está muy influenciada por la variedad y los métodos de vinificación que incrementan el contacto entre el mosto y los hollejos (Baiano et al., 2017; Lukic et al., 2017). Bestulic et al. (2022) observaron un notable incremento de ácidos



benzóicos y flavan-3-oles en vinos de la variedad Malvasía macerados con hollejos durante la fermentación, proporcional a la duración de la maceración.

Los efectos de los diferentes tipos de maceración aplicados sobre la calidad organoléptica de los vinos de Garnacha Blanca fueron variables (Figura 2A). Los vinos macerados durante 12 días en fermentación tuvieron una mayor puntuación, y por tanto menor calidad según la ficha de cata empleada. Dichos vinos mostraron un color muy evolucionado con tonos naranja, aromas menos afrutados con notas herbáceas y de oxidación, y un paladar menos equilibrado que el resto (Figura 2B). Los vinos elaborados mediante maceración prefermentativa mostraron la mejor calidad, debido a su elevada intensidad de aromas florales y afrutados y su equilibrio gustativo. Los resultados de las pruebas triangulares, realizadas en copa negra para evitar la influencia del color, únicamente permitieron diferenciar de forma significativa los vinos testigo y los macerados en fermentación durante 6 días.

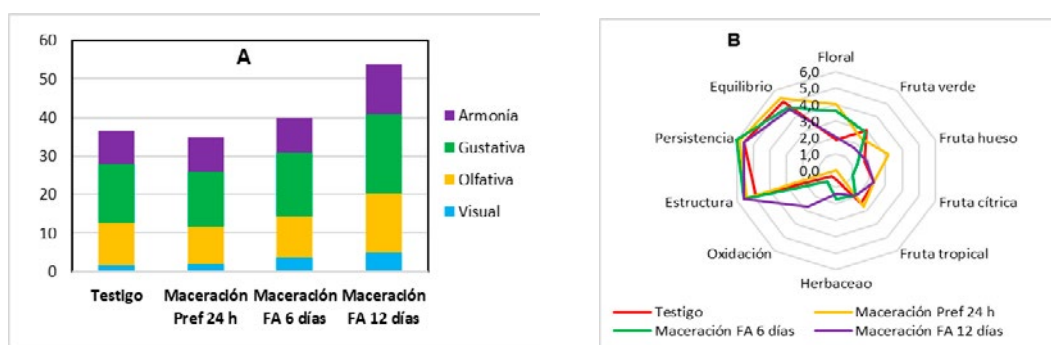


Figura 2. Valoración organoléptica de los vinos elaborados con diferentes tipos de maceración (A) y descriptores sensoriales (B)

En otros trabajos también se observaron modificaciones en el perfil sensorial de los vinos relacionadas con la maceración. Aleixandre-Tudó et al. (2015) apreciaron un cambio en los atributos sensoriales de los vinos de Chenin blanc elaborados con diferentes tipos de maceración, las notas de fruta fresca y tropical predominaron en los vinos control, aumentando las de fruta madura en los tratamientos de maceración. Olejar et al. (2016) indicaron que el perfil fenólico de los vinos puede influir en sus características aromáticas; en vinos de Chardonnay macerados con hollejos en fermentación encontraron aromas terrosos y herbáceos, mayor dureza y menor equilibrio en boca. Radeka et al. (2023) resaltan la importancia de la duración de la maceración sobre el perfil aromático y los atributos sensoriales en los vinos de Malvasía, cuya complejidad y tipicidad varietal (notas florales, frutales, herbáceas y de miel) aumentó con el tiempo de maceración.

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos en este trabajo han puesto de manifiesto la influencia de los tratamientos de maceración antes y durante la fermentación alcohólica sobre la composición química y el perfil sensorial de los vinos de Garnacha Blanca. La maceración prefermentativa permitió resaltar el contenido aromático de tipo fermentativo y condujo a un incremento fenólico moderado, dando lugar a una mejora de la calidad sensorial de los vinos. Los tratamientos de maceración prolongados durante la fermentación alcohólica afectaron notablemente al contenido aromático y fenólico de los vinos, y por ello modificaron sus características sensoriales.



La elaboración de vinos blancos con hollejos durante la fermentación es una técnica que puede permitir diversificar la producción y atender las tendencias de los consumidores actuales hacia la búsqueda de vinos especiales y diferentes.

5. Bibliografía

1. ALEIXANDRE-TUDO, J. L.; WEIGHTMAN, C.; PANZERI, V.; NIEUWOUDT, H. H.; DU TOIT, W. J. 2015. Effect of skin contact before and during alcoholic fermentation on the chemical and sensory profile of South African Chenin blanc white wines. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 36(3), 366-377.
2. BAIANO, A.; MENTANA, A.; VARVA, G.; QUINTO, M. 2017. Effects of different vinification procedures and aging containers on phenolic and volatile composition of Greco white wines. *European Food Research and Technology*, 243(9), 1667-1680
3. BENE, Z. and KALLAY, M. 2019. Polyphenol contents of skin-contact fermented white wines. *Acta Alimentaria*, Vol 48 (4), 515-524.
4. BESTULIC, E.; ROSSI, S.; PLAVSA, T.; HORVAT, I.; LUKIC, I.; BUBOLA, M.; PERSURIC, A.S.; JEROMEL, A.; RADEKA, S. 2022. Comparison of different maceration and non-maceration treatments for enhancement of phenolic composition, colour intensity, and taste attributes of Malvazija Istarska (*Vitis vinifera* L.) white wines. *Journal of Food Composition and Analysis*, 109, 104472.
5. LAMÇE, F.; GOZNHARI, K.; KONGOLI, R.; META, B.; KYÇYK, O. 2018. Evaluation of the content of polyphenols and flavonoids during the fermentation of White wines (cv. Pulëz and Shesh i bardhë) with and without skins. *Albanian J. Agric. Sci. (Special edition Proceedins-ICOALS, 2018)*, 564-571.
6. LORTEAU, S. 2018. A comparative legal analysis of skin-contact wine definitions in Ontario and South Africa. *Journal of Wine Research*, 4, 265-277.
7. LUKIC, I.; LOTTI, C.; VRHOYSEK, U. 2017. Evolution of free and bound volatile aroma compounds and phenols during fermentation of Muscat blanc grape juice with and without skins. *Food chemistry*, 232, 25-35.
8. OLEJAR, K.; FEDRIZZI, B.; KILMARTIN, P. 2016. Enhancement of Chardonnay antioxidant activity and sensory perception through maceration technique. *Food Science and Technology*, 65, 152-157.
9. RADEKA, S.; BESTULIC, E.; ROSSI, S.; ORBANIC, F.; BUBOLA, M.; PLAVSA, T.; LUKIC, I.; JEROMEL, A. 2023. Effect of different vinification techniques on the concentration of volatile aroma compounds and sensory profile of Malvazija Istarska wines. *Fermentation*, 9, 676.
10. SANCHO-GALAN, P.; AMORES-ARROCHA, A.; JIMENEZ-CANTIZANO, A.; PALACIO, V. 2021. Influence of the presence of grape skins during white wine alcoholic fermentation. *Agronomy*, 11, 452.

Efecto en el contenido de aminoácidos en uvas de la aplicación foliar de calcio, jasmonato de metilo y una combinación de ambas en viñedo de Tempranillo

M. González-Lázaro, I. Sáenz de Urturi, L. Iparraguirre-Pashanaste, R. Murillo-Peña, L.L. Torres-Díaz, E.P. Pérez-Álvarez, T. Garde-Cerdán

*Grupo VIENAP, Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC, Universidad de La Rioja, Gobierno de La Rioja).
Ctra. de Burgos, Km. 6. 26007 Logroño. Teléfono de contacto: 941 05 30 58. miriam.gonzalez@icvv.es*

Resumen

El cambio climático, debido al aumento de las temperaturas y la escasez de lluvias, está generando desequilibrios en la composición de la uva. La aplicación foliar de bioestimulantes es una técnica que se está empleando en la actualidad para mitigar los efectos del cambio climático, por ejemplo, los elicitores, que son compuestos que al entrar en contacto con la planta desencadenan una respuesta en ella que induce la síntesis de metabolitos secundarios. Este trabajo estudió la aplicación foliar de dos bioestimulantes, jasmonato de metilo (MeJ) y calcio (Ca), así como su combinación (CaMeJ), para mejorar la composición nitrogenada en uvas de Tempranillo. Además, se evaluó la incidencia del número de aplicaciones (1 ó 2). Los resultados mostraron que los tratamientos que más afectaron a la composición individual de los aminoácidos presentes en el mosto fueron principalmente MeJ2 y CaMeJ1, aumentando el contenido de 19 y 18 aminoácidos, respectivamente. Además, todos los tratamientos, a excepción de Ca2 y MeJ1, incrementaron el contenido total de aminoácidos en las bayas en comparación con la muestra control. Por lo tanto, las aplicaciones foliares de MeJ y Ca, tanto individual como combinados, son una buena herramienta para incrementar la composición nitrogenada de las bayas.

1. Introducción

En la actualidad, el cambio climático está afectando fuertemente a la agricultura y, naturalmente, a la vitivinicultura. El cambio climático está acelerando la maduración de la uva, lo que resulta en vinos desequilibrados debido a la falta de acidez y compuestos aromáticos, así como un aumento en la concentración de azúcares, afectando negativamente la calidad y el carácter de los vinos producidos (1,2). La fracción nitrogenada en las uvas juega un papel crucial en el desarrollo de la fermentación y en el *bouquet* de los vinos, ya que ciertos aminoácidos sirven como precursores de numerosos compuestos aromáticos (3). Para mitigar los efectos del cambio climático, se están explorando diversas estrategias en los viñedos, entre ellas, un enfoque interesante es la aplicación foliar de bioestimulantes. Los bioestimulantes son sustancias aplicadas a las plantas con el objetivo de mejorar la eficiencia de la asimilación de los nutrientes, la tolerancia al estrés abiótico/biótico y las características de calidad del cultivo (4). Dentro de los bioestimulantes se encuentran los elicitores, como el jasmonato de metilo (MeJ), u otros nutrientes como el calcio (Ca). Los elicitores son compuestos capaces de desencadenar una respuesta de defensa en las plantas, lo que estimula la producción de metabolitos secundarios (5). Investigaciones previas indican que la aplicación foliar de MeJ puede influir en la composición de la uva, impactando particularmente en los compuestos fenólicos (6), compuestos nitrogenados (7),



y compuestos volátiles (8). También se ha observado que su efecto sobre los monosacáridos y polisacáridos de la uva y el vino es ligero y está influenciado por la añada (9). Por otro lado, el Ca, un nutriente indispensable para las plantas, desempeña roles críticos en funciones de señalización y estructurales (10). La movilidad del Ca en las plantas suele ser baja; este elemento se acumula principalmente en los órganos maduros, a pesar de las altas demandas de Ca de las partes de la planta en crecimiento activo (11,12). Se ha descrito que la aplicación exógena de Ca promueve la acumulación de pectina y la inhibición de las enzimas poligalacturonasas, lo que conduce a un aumento de la firmeza de las bayas, una menor formación de grietas y una disminución de la penetración de los hongos en la piel, minimizando el deterioro de la fruta (13,14). En uvas de mesa se han descrito modificaciones en los °Brix de la baya y en la acidez total tras el tratamiento con Ca, además de un incremento en la resistencia a la *Botrytis cinerea* (15,16). Yu et al. (17) describieron que las pulverizaciones de Ca alrededor del envero aumentan el contenido total de antocianos. Mientras que Martins et al. (18) observaron una tendencia contraria, estos autores aplicaron Ca en viñedos de cv “Vinhão” durante la fase de fructificación y observaron una represión general en la síntesis de varios antocianos en uva, mientras que describieron un incremento en el contenido de estilbenos. Martins et al. (19) investigaron a nivel celular la interacción entre el Ca y el MeJ en la regulación del metabolismo de los compuestos fenólicos. Descubrieron que, a diferencia del Ca, el MeJ estimulaba la producción de flavonoides y estilbenoides como resveratrol, viniferina o piceido. Al examinar su aplicación simultánea, observaron una inhibición del efecto estimulante del MeJ sobre la síntesis de flavonoides debido a la presencia de Ca. Sin embargo, encontraron que la aplicación conjunta tenía un efecto sinérgico específicamente en la acumulación de resveratrol y viniferina.

Por todo lo mencionado con anterioridad, y teniendo en cuenta que no existen estudios acerca del efecto combinado de la aplicación foliar de Ca y MeJ en viñedo, el objetivo de este trabajo fue estudiar la aplicación foliar de MeJ y Ca, así como su combinación (CaMeJ), para mejorar la composición nitrogenada en uvas de la variedad Tempranillo. Asimismo, se evaluó la incidencia del número de aplicaciones foliares realizadas (1 ó 2).

2. Material y Métodos

2.1 Emplazamiento del viñedo y diseño experimental

El experimento se llevó a cabo en una parcela de la variedad Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) ubicada en el Monte Cantabria, al noroeste de la ciudad de Logroño (La Rioja). Las cepas tienen un sistema de conducción en espaldera y la densidad de plantación del viñedo es de 3,00 x 1,20 m, con un total de 2.922 plantas/hectárea.

Se realizaron siete tratamientos foliares mediante la aplicación de una solución acuosa: (i) control (no se aplicó ningún tratamiento), (ii) una sola aplicación de calcio (Ca1) (nitrato de calcio 120 mM, Labkem, Barcelona, España), (iii) dos aplicaciones de Ca (Ca2) (nitrato de calcio 120 mM, LabKem), (iv) una sola aplicación de jasmonato de metilo (MeJ1) (solución acuosa 10 mM, Sigma-Aldrich, EE.UU.), (v) dos aplicaciones de MeJ (MeJ2) (solución acuosa 10 mM, Sigma-Aldrich), (vi) una sola aplicación de CaMeJ1 (solución acuosa de 120 mM de Ca + 10 mM de MeJ), y (vii) dos aplicaciones de CaMeJ2 (solución acuosa de 120 mM de Ca + 10 mM de MeJ), utilizando Genapol (0,1% (v/v) Genapol® X080, Sigma) como agente humectante en todos los tratamientos. Los tratamientos aplicados solo una vez se administraron en post-envero, es decir, una semana después de alcanzar el 50 % de envero. Los tratamientos aplicados dos veces se realizaron en post-envero y una semana después.



El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con 7 tratamientos, realizados en triplicado ($7 \times 3 = 21$ ensayos), con 5 vides por réplica. Cada vid fue tratada con 200 mL de la solución correspondiente. La vendimia se llevó a cabo una vez que las uvas habían alcanzado su madurez tecnológica óptima, definida por el peso estable de 100 bayas y un contenido de alcohol probable de aproximadamente 13 % (v/v). Se recolectó una muestra aleatoria de 150 bayas por réplica y tratamiento, que fueron congeladas y almacenadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta que se realizaron los análisis de aminoácidos.

2.2 Análisis de los aminoácidos mediante cromatografía líquida (HPLC)

La determinación de la concentración de aminoácidos en los mostos se llevó a cabo siguiendo la metodología descrita por Garde-Cerdán et al. (20). Los aminoácidos libres se analizaron mediante cromatografía de fase reversa utilizando un cromatógrafo Agilent 1260 Infinity II (Palo Alto, EE.UU.) equipado con un muestreador automático de líquidos (ALS), un detector de fluorescencia (FLD) y un detector de diodos (DAD). Cada muestra (5 mL de mosto, previamente centrifugado a 4000 rpm, durante 10 minutos) se mezcló con 100 μL de norvalina (patrón interno para cuantificar todos los aminoácidos primarios) y 100 μL de sarcosina (patrón interno para cuantificar la prolina, aminoácido secundario). Posteriormente, se filtró esta mezcla y cada muestra se sometió a derivatización automática con o-ftalaldehído (Reactivo OPA, Agilent), en el caso de los aminoácidos primarios, y con 9-fluorenilmetilcloroformiato (Reactivo FMOC, Agilent), para los aminoácidos secundarios. Se inyectaron 10 μL de muestra, estando la columna a una temperatura constante de $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Todas las separaciones se llevaron a cabo en una columna Hypersil ODS (250 x 4.00 mm, I.D. 5 μm , Agilent). Se utilizaron dos eluyentes como fases móviles: eluyente A: 75 mM de acetato de sodio, trietilamina al 0,018% (pH 6.9) + tetrahidrofurano al 0,3 %; y como eluyente B: agua, metanol y acetonitrilo (10:45:45, v/v/v). La detección se realizó con el detector FLD (λ excitación= 340 nm, λ de emisión = 450 nm para aminoácidos primarios, y λ de excitación = 266 nm, λ de emisión = 305 nm para los aminoácidos secundarios) y el detector DAD (λ = 338 nm para los aminoácidos primarios y λ = 262 nm para los aminoácidos secundarios). La identificación de los compuestos se realizó mediante la comparación de sus tiempos de retención con los estándares de referencia puros. Los aminoácidos cuantificados fueron: ácido aspártico (Asp), ácido glutámico (Glu), asparagina (Asn), serina (Ser), glutamina (Gln), histidina (His), glicina (Gly), treonina (Thr), arginina (Arg), alanina (Ala), ácido γ -aminobutírico (Gaba), tirosina (Tyr), cisteína (Cys), valina (Val), metionina (Met), triptófano (Trp), fenilalanina (Phe), isoleucina (Ile), ornitina (Orn), leucina (Leu), lisina (Lys) y prolina (Pro). La cuantificación se realizó mediante el método de estándar interno. Los tratamientos se realizaron por triplicado, por lo que los resultados de los aminoácidos libres corresponden a la media de los tres análisis ($n=3$).

2.3 Análisis estadístico

Se llevó a cabo el análisis estadístico de los datos utilizando el programa SPSS Statistic Versión 20.1 para Windows (IBM, Chicago, EE.UU.). Los datos de las concentraciones de aminoácidos en función del tratamiento aplicado o el número de dosis aplicadas fueron procesados mediante análisis de la varianza (ANOVA). Las diferencias entre las medias se compararon utilizando el test de Duncan, con un nivel de confianza del 95 %.



3. Resultados

La Tabla 1 recoge los datos del contenido de aminoácidos de los mostos de Tempranillo estudiados en este trabajo. Observamos que el aminoácido mayoritario en todos los mostos fue la Arg, representando entre un 32 y un 47 % de los aminoácidos totales, seguida por la Pro y la Gln, que representaron entre un 13 y un 18 % y entre un 9 y un 17 %, respectivamente. Esta distribución de aminoácidos concuerda con lo observado por otros autores para la variedad Tempranillo (21).

Respecto al efecto de los tratamientos sobre la composición nitrogenada de los mostos, una sola aplicación de Ca (Ca1) aumentó el contenido de Asn, Gln, Val, Met, Ile, Orn y Leu con respecto al contenido del mosto control y disminuyó el contenido de Gly (Tabla 1). Cuando el Ca se aplicó dos veces (Ca2), aumentó la concentración de Asp, Asn, Ser, Gln, Thr, Tyr e Ile; mientras que se observó una disminución en el contenido de Gaba, Phe y Orn con respecto al mosto control. Por su parte, el tratamiento foliar MeJ1 aumentó de manera significativa el contenido de Glu, Asp, Ser, Gln, His, Gly, Thr, Gaba, Tyr, Cys, Val, Trp, Ile, Leu y Lys, observándose una disminución en el contenido de Orn con respecto al mosto control. La aplicación foliar de MeJ2 aumentó el contenido en los mostos de Asp, Glu, Asn, Ser, Gln, His, Gly, Thr, Arg, Ala, Tyr, Cys, Val, Met, Trp, Phe, Ile, Leu, Lys y Pro, pero se observó una disminución en el contenido de Orn comparado con el mosto control (Tabla 1). Una aplicación combinada de ambos bioestimulantes (CaMeJ1) incrementó el contenido de Glu, Asn, Ser, Gln, His, Gly, Thr, Arg, Ala, Gaba, Tyr, Cys, Val, Met, Trp, Ile, Leu, Lys y Pro con respecto al mosto control. Por último, la aplicación foliar de CaMeJ2 produjo un aumento en el contenido de Glu, Asn, Ser, Gln, Thr, Tyr, Val, Met, Ile, Leu y Pro, mientras que disminuyó el contenido de Orn en los mostos.

Con respecto al contenido de aminoácidos totales (Tabla 1), las aplicaciones foliares de Ca1, MeJ2, CaMeJ1 y CaMeJ2 aumentaron su concentración, con y sin Pro, con respecto al mosto control. Por lo tanto, todos los tratamientos estudiados afectaron al contenido nitrogenado, siendo la aplicación foliar de MeJ2 y CaMeJ1 los que tuvieron una mayor incidencia. Estos resultados concuerdan con lo observado por Garde-Cerdán et al. (22), quienes describieron un aumento del contenido de casi todos los aminoácidos en los mostos de las uvas tratadas con MeJ, así como un incremento en la concentración de aminoácidos totales, con y sin Pro, en mostos. Y también con lo descrito en otro trabajo (23), donde se observó un aumento en la concentración de varios aminoácidos en uvas de la variedad Tempranillo tras la aplicación de MeJ en enero y una semana después. Sin embargo, no se han encontrado estudios sobre el efecto, en la fracción nitrogenada de las uvas, de la aplicación foliar de Ca en viñedo.

Con respecto a la influencia del número de aplicaciones foliares (Tabla 1), para el Ca, se observó que con una aplicación (Ca1) se incrementa en mayor medida la concentración de 9 aminoácidos (Arg, Ala, Gaba, Cys, Val, Met, Ile, Orn y Leu) en comparación con los efectos de la aplicación de Ca2, que aumentó el contenido de Asn, His y Gly en comparación con Ca1. Por tanto, una sola aplicación foliar de Ca en el post-enero es suficiente para aumentar el contenido individual de los aminoácidos. En el caso del tratamiento foliar con MeJ, se observó una tendencia inversa a la del Ca. La aplicación foliar de MeJ2 aumentó más el contenido de 9 aminoácidos (Asp, Glu, Asn, Arg, Cys, Val, Ile, Leu y Lys) con respecto a MeJ1 (Tabla 1), lo que sugiere que se necesitan dos aplicaciones de este elicitador para obtener mejores resultados. Por último, una sola aplicación foliar de la combinación de ambos tratamientos, CaMeJ1, aumentó el contenido de 6 aminoácidos (His, Gaba, Cys, Trp, Orn y Leu) en mayor medida que CaMeJ2, que sólo aumentó el contenido de Asn respecto a CaMeJ1. Es decir, si se aplican de forma combinada, una sola aplicación de CaMeJ1 produce mejores resultados para incrementar la fracción nitrogenada de los mostos.



Tabla 1. Contenido de aminoácidos (mg/L) en el mosto de los tratamientos foliares control, una aplicación de calcio (Ca1), dos aplicaciones de calcio (Ca2), una aplicación de jasmonato de metilo (MeJ1), dos aplicaciones de jasmonato de metilo (MeJ2), una aplicación de calcio + jasmonato de metilo (CaMeJ1), y dos aplicaciones de calcio + jasmonato de metilo (CaMeJ2).

	Control	Ca1	Ca2	MeJ1	MeJ2	CaMeJ1	CaMeJ2
Asp	24,12±3,83 ab	28,62±3,49 bc A	32,91±1,63 cd A	20,11±1,24 a A	37,48±6,16 d B	26,98±2,60 bc A	29,82±0,99 bc A
Glu	44,86±3,68 a	52,66±3,65 abc A	49,72±3,91 ab A	62,50±0,90 cd A	82,79±6,68 e B	60,16±0,89 bcd A	67,56±12,59 d A
Asn	4,90±1,09 a	7,66±0,79 b A	15,12±2,36 d B	7,84±1,61 b A	15,50±0,05 d B	11,07±1,92 c A	13,66±0,22 d B
Ser	47,01±5,90 a	59,66±1,53 ab A	64,88±7,43 b A	83,37±6,74 c A	93,14±14,83 c A	93,31±9,66 c A	80,41±6,90 c A
Gln	293,81±10,68 a	566,31±70,38 bc A	472,77±45,14 b A	702,19±167,66 c A	909,58±86,02 d A	721,68±96,49 c A	684,29±124,45 c A
His	101,16±3,77 ab	91,41±5,34 a A	123,08±19,02 b B	169,67±15,38 c A	170,46±22,80 c A	219,56±19,53 d B	116,16±6,33 ab A
Gly	10,25±0,73 b	6,41±1,12 a A	9,46±1,60 b B	17,73±1,61 d A	21,76±2,74 e A	14,30±0,85 c A	10,37±2,38 b A
Thr	57,69±10,98 a	72,54±1,71 ab A	79,13±10,49 b A	81,63±10,78 bc A	101,06±9,23 d A	98,57±12,80 cd A	87,55±3,74 bcd A
Arg	1.507,04±244,00 ab	2.063,92±255,92 bc B	1.551,03±178,12 ab A	1.281,04±177,77 a A	2.181,82±356,28 c B	2.366,38±401,40 c A	1.805,96±417,93 abc A
Ala	181,34±15,76 ab	227,44±22,21 bc B	160,42±11,97 a A	208,28±5,59 abc A	256,60±42,48 c A	248,44±45,29 c A	219,98±37,91 bc A
Gaba	278,21±13,69 b	312,20±24,71 bc B	214,37±14,88 a A	336,88±22,72 c A	324,21±52,24 bc A	397,28±29,44 d B	272,17±19,53 b A
Tyr	43,78±4,14 a	50,05±5,53 ab A	56,23±10,54 bc A	64,33±0,92 c A	67,89±3,46 c A	67,58±8,70 c A	62,80±3,44 c A
Cys	16,86±0,39 ab	21,14±2,73 bc B	14,71±1,74 a A	22,66±4,18 c A	31,80±3,85 d B	35,71±1,97 d B	18,30±0,05 abc A
Val	25,88±0,88 a	36,63±3,58 bc B	28,33±2,31 ab A	40,78±0,66 cd A	58,34±9,65 e B	47,21±5,84 d A	39,48±4,76 cd A
Met	8,10±1,73 a	22,31±1,00 bc B	14,57±0,41 ab A	14,20±14,23 ab A	34,08±3,14 d A	35,31±5,64 d A	27,48±5,83 cd A
Trp	56,32±4,98 a	62,30±10,64 ab A	64,69±5,81 ab A	71,50±7,49 bc A	89,18±8,42 d A	83,38±3,18 cd B	69,12±5,39 ab A
Phe	14,39±2,23 bc	12,21±2,12 ab A	9,41±2,07 a A	16,22±1,31 cd A	18,77±2,44 d A	17,00±2,18 cd A	16,25±1,00 cd A
Ile	14,98±1,17 a	26,84±3,29 c B	19,56±1,18 b A	34,03±0,27 d A	46,99±3,50 f B	42,15±4,05 e A	35,36±1,31 d A
Orn	4,57±0,47 c	5,38±0,28 d B	3,03±0,05 a A	4,04±0,33 b A	3,71±0,18 b A	4,99±0,29 cd B	3,69±0,21 b A
Leu	30,78±6,65 a	45,65±5,42 b B	23,77±8,75 a A	58,31±3,24 c A	82,20±5,90 d B	78,70±10,20 d B	65,30±5,75 c A
Lys	9,82±0,56 a	10,74±0,25 ab A	10,18±0,14 a A	12,80±0,54 b A	16,07±1,30 c B	17,35±3,14 c A	10,82±0,93 ab A
Pro	452,70±63,25 a	573,64±27,56 ab A	675,02±136,32 ab A	603,23±45,00 ab A	704,30±58,46 bc A	910,35±193,42 c A	797,88±176,15 bc A
Aas totales	3.228,55±317,73 a	4.355,71±359,05 b B	3.692,38±145,36 ab A	3.913,32±229,72 ab A	5.335,98±603,49 cd B	5.597,45±643,13 d A	4.534,40±766,75 bc A
Aas totales sin Pro	2.775,84±290,14 a	3.782,07±338,54 b B	3.017,36±177,16 ab A	3.310,09±198,61 ab A	4.631,68±547,37 c B	4.687,11±564,82 c A	3.736,52±585,61 b A

Todos los aminoácidos se presentan con su valor medio y desviación (n = 3). Para cada aminoácido, diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre los 7 ensayos (p ≤ 0,05). Para cada aminoácido y tratamiento (Ca, MeJ ó CaMeJ), diferentes letras mayúsculas indican diferencias significativas entre el número de aplicaciones (p ≤ 0,05). Abreviatura: Aas: Aminoácidos



4. Conclusiones

El cambio climático está afectando a la composición de las uvas y por lo tanto a su calidad. En este trabajo, se examinó el impacto de la aplicación foliar de jasmonato de metilo (MeJ) y calcio (Ca), así como su combinación (CaMeJ), con el fin de mejorar la composición nitrogenada de los mostos de Tempranillo, a la vez que se evaluó el efecto del número de aplicaciones foliares realizadas, ya sea una o dos. En todos los mostos, la arginina fue el aminoácido mayoritario, seguido por la prolina y la glutamina. Todos los tratamientos estudiados afectaron significativamente al contenido individual de aminoácidos en los mostos, siendo mayores los efectos observados tras la aplicación de MeJ2 y CaMeJ1, con respecto al contenido total de aminoácidos en el mosto control. Con respecto al número de aplicaciones, una sola aplicación de Ca, y una sola aplicación de Ca y MeJ combinados (CaMeJ1), incrementaron en mayor medida el contenido individual de aminoácidos; mientras que fueron necesarias dos aplicaciones de MeJ para obtener los mejores resultados. Por lo tanto, la aplicación foliar de Ca, MeJ y su combinación, son una herramienta útil para mejorar la fracción nitrogenada de las uvas.

5. Bibliografía

1. ATAK, A. 2024. **Climate change and adaptive strategies on viticulture (Vitis spp.)**. Open Agriculture, 9(1).
2. GUTIÉRREZ, N.; LÓPEZ-DE-SILANES, L.; ESCOTT, C.; LOIRA, I.; DEL FRESNO, J. M.; SUÁREZ-LEPE, J. A.; & MORATA, A. 2021. **The Effect of Elicitors and Canopy Management in the Chemical Composition of Vitis vinifera Red Varieties in Warm and Hot Areas in Spain**. Agronomy, 11(6), 1192.
3. GARDE-CERDÁN, T.; LORENZO, C.; LARA, J. F. J. F.; PARDO, F.; ANCÍN-AZPILICUETA, C.; & SALINAS, M. R. R. 2009. **Study of the Evolution of Nitrogen Compounds during Grape Ripening. Application to Differentiate Grape Varieties and Cultivated Systems**. J. Agric. Food Chem. 57(6), 2410–2419.
4. CATALDO, E.; FUCILE, M.; & MATTII, G. B. 2022. **Biostimulants in Viticulture: A Sustainable Approach against Biotic and Abiotic Stresses**. Plants, 11(2), 162.
5. RUIZ-GARCÍA, Y.; & GÓMEZ-PLAZA, E. 2013. **Elicitors: A tool for improving fruit phenolic content**. Agriculture (Switzerland), 3(1), 33–52.
6. PORTU, J.; LÓPEZ, R.; SANTAMARÍA, P.; & GARDE-CERDÁN, T. 2018. **Methyl jasmonate treatment to increase grape and wine phenolic content in Tempranillo and Graciano varieties during two growing seasons**. Sci. Hortic. 240, 378–386.
7. GIL-MUÑOZ, R.; GIMENEZ-BAÑÓN, M. J.; MORENO-OLIVARES, J. D.; PALADINES-QUEZADA, D. F.; BLEDA-SÁNCHEZ, J. A.; FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, J. I.; PARRA-TORREJÓN, B.; RAMÍREZ-RODRÍGUEZ, G. B.; & DELGADO-LÓPEZ, J. M. 2021. **Effect of Methyl Jasmonate Doped Nanoparticles on Nitrogen Composition of Monastrell Grapes and Wines**. Biomolecules, 11(11), 1631.
8. GARDE-CERDÁN, T.; GONZÁLEZ-LÁZARO, M.; MARÍN-SAN ROMÁN, S.; SÁENZ DE URTURI, I.; MURILLO-PEÑA, R.; RUBIO-BRETÓN, P.; & PÉREZ-ÁLVAREZ, E. P. 2023. **Could foliar applications of methyl jasmonate and methyl jasmonate + urea improve must grape aroma composition?** J. Sci. Food Agric. 103, 4813–4825.
9. GONZÁLEZ-LÁZARO, M.; MARTÍNEZ-LAPUENTE, L.; GARDE-CERDÁN, T.; LANDÍA ROSS-MAGAHY, M.; TORRES-DÍAZ, L.L.; PÉREZ-ÁLVAREZ, E.P.; GUDALUPE, Z.; AYESTARÁN, B. 2023. **Effect of Methyl Jasmonate Plus Urea Foliar Application on the Polysaccharide**



- and Monosaccharide Composition of Tempranillo Grapes and Wines and on the Wine's Quality.** Nitrogen, 4, 263–278.
10. WHITE, P. J. 2003. **Calcium in Plants.** Annals of Botany, 92(4), 487–511.
 11. SONG, W.; YI, J.; KURNIADINATA, O.F.; WANG, H.; & HUANG, X. 2018. **Linking fruit Ca uptake capacity to fruit growth and pedicel anatomy, across-species study.** Front. Plant Sci. 9, 575.
 12. BONOMELLI, C.; ALCALDE, C.; AGUILERA, C.; VIDELA, X.; ROJAS-SILVA, X.; NARIO, A.; & FERNANDEZ, V. 2021. **Absorption and mobility of radio-labelled calcium in chili pepper plants and sweet cherry trees.** Sci. Agric. 78.
 13. MARTINS, V.; GARCIA, A.; COSTA, C.; SOTTOMAYOR, M.; & GERÓS, H. 2018. **Calcium- and hormone-driven regulation of secondary metabolism and cell wall enzymes in grape berry cells.** J. Plant Physiol. 231, 57–67.
 14. MARTINS, V.; SOARES, C.; SPORMANN, S.; FIDALGO, F.; & GERÓS, H. 2020. **Vineyard calcium sprays reduce the damage of postharvest grape berries by stimulating enzymatic antioxidant activity and pathogen defense genes, despite inhibiting phenolic synthesis.** Plant Physiol Biochem, 162, 48–55.
 15. AL-QURASHI, A. D.; & AWAD, M. A. 2013. **Effect of pre-harvest calcium chloride and ethanol spray on quality of “El-Bayadi” table grapes during storage.** Vitis - Journal of Grapevine Research, 52(2), 61–67.
 16. CICCARESE, A.; STELLACCI, A. M.; GENTILESCO, G.; & RUBINO, P. 2013. **Effectiveness of pre- and post-veraison calcium applications to control decay and maintain table grape fruit quality during storage.** Postharvest Biol. Technol. 75, 135–141.
 17. YU, J.; ZHU, M.; WANG, M.; XU, Y.; CHEN, W.; & YANG, G. 2020. **Transcriptome analysis of calcium-induced accumulation of anthocyanins in grape skin.** Sci. Hortic. 260, 108871.
 18. MARTINS, V.; BILLET, K.; GARCIA, A.; LANOUE, A.; & GERÓS, H. 2020. **Exogenous calcium deflects grape berry metabolism towards the production of more stilbenoids and less anthocyanins.** Food Chem. 313, 126123.
 19. MARTINS, V.; UNLUBAYIR, M.; TEXEIRA, A.; GERÓS, H.; & LANOUE, A. 2021. **Calcium and methyl jasmonate cross-talk in the secondary metabolism of grape cells.** Plant Physiol Biochem. 165, 228–238.
 20. GARDE-CERDÁN, T.; PORTU, J.; LÓPEZ, R.; & SANTAMARÍA, P. 2016. **Effect of methyl jasmonate application to grapevine leaves on grape amino acid content.** Food Chem. 203, 536–539.
 21. GARDE-CERDÁN, T.; GONZÁLEZ-LÁZARO, M.; SÁENZ DE URTURI, I.; MARÍN-SAN ROMÁN, S.; MARTÍNEZ-VIDAURRE, J. M.; RUBIO-BRETÓN, P.; & PÉREZ-ÁLVAREZ, E. P. 2023. **Foliar application of methyl jasmonate and methyl jasmonate + urea: effect on nitrogen compounds in Tempranillo grapes over two vintages.** J. Plant Nutr. 1–14.
 22. GARDE-CERDÁN, T.; SÁENZ DE URTURI, I.; MARÍN-SAN ROMÁN, S.; MURILLO-PEÑA, R.; RAMÍREZ-RODRÍGUEZ, G. B.; DELGADO-LÓPEZ, J. M.; & PÉREZ-ÁLVAREZ, E. P. 2023. **Influence of foliar treatments with methyl jasmonate and methyl jasmonate-doped nanoparticles on nitrogen composition of Tempranillo grapes during two vintages.** Eur. Food Res. Technol. 249, 1187-1197.
 23. GARDE-CERDÁN, T.; PORTU, J.; LÓPEZ, R.; & SANTAMARÍA, P. 2016. **Effect of methyl jasmonate application to grapevine leaves on grape amino acid content.** Food Chem. 203, 536-539.



36º REUNIÓN

GRUPO DE TRABAJO
EXPERIMENTACIÓN EN
VITICULTURA Y ENOLOGÍA



6. Agradecimientos

M.G.-L. agradece a la Universidad de La Rioja su contrato Margarita Salas financiado por el Ministerio de Universidades y la Unión Europea (Financiado por la Unión Europea-Next GenerationEU) y al Consejo Superior de Investigaciones Científicas su contrato con cargo a proyecto (PID-2022-138780OB-C21). R.M-P agradece al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) y al Gobierno de La Rioja su contrato predoctoral (PRE2019-088633). L.L.T-D agradece a la Universidad de La Rioja, la Comunidad Autónoma de La Rioja y el Banco Santander su contrato predoctoral CAR/UR. E.P.P.-Á. agradece al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades su contrato Juan de la Cierva-Incorporación.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN

SUBSECRETARÍA

SECRETARÍA GENERAL
TÉCNICA

DIVISIÓN DE ARCHIVOS
Y PUBLICACIONES