

TESIS DOCTORAL

ESTUDIO Y DESARROLLO DEL
DESHOJADO PRECOZ COMO TÉCNICA
PARA EL CONTROL DEL RENDIMIENTO
PRODUCTIVO DE LA VID (*Vitis vinifera* L.).

EFFECTOS SOBRE EL DESARROLLO
VEGETATIVO, LOS COMPONENTES DE
LA PRODUCCIÓN, ASÍ COMO SOBRE
LA COMPOSICIÓN Y LA CALIDAD DE LA
UVA Y DEL VINO.



MARIA PAZ DIAGO SANTAMARÍA

MARZO 2010



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

Javier Tardáguila Laso, Profesor Titular de Producción Vegetal del Departamento de Agricultura y Alimentación de la Universidad de La Rioja, como director de esta Tesis Doctoral

INFORMA:

Que la presente Memoria titulada "Estudio y desarrollo del deshojado precoz como técnica para el control del rendimiento productivo de la vid (*Vitis vinifera* L.). Efectos sobre el desarrollo vegetativo, los componentes de la producción, así como sobre la composición y la calidad de la uva y del vino", ha sido realizada bajo mi dirección en el Departamento de Agricultura y Alimentación de la Universidad de La Rioja por Dña. María Paz Diago Santamaría.

Esta tesis reúne los requisitos propios de este tipo de trabajo: rigor científico, aportaciones novedosas y aplicación adecuada de la metodología.

Por tal motivo doy mi visto bueno a la presentación de dicha Tesis Doctoral.

Logroño, 20 de enero de 2010

Dr. Javier Tardáguila Laso
DIRECTOR DE LA INVESTIGACIÓN

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos ADER-2006-I-ID-00157 de la Agencia de Desarrollo Económico de La Rioja y AGL2007-60378, del Ministerio de Ciencia e Innovación, ambos titulados: “Desarrollo de tecnologías alternativas al aclaro manual para reducir la producción del viñedo: Aplicación del deshojado precoz y del aclareo mecánico”. Además, en estos proyectos han contribuido también de forma muy destacada la Agrupación de Bodegas Centenarias y Tradicionales de Rioja (ABC), que engloba a las siguientes bodegas: Bodegas Muga, Bodegas La Rioja Alta, Bodegas Bilbaínas, CVNE y Viña Salceda, y el grupo multinacional de maquinaria agrícola, New Holland.

AGRADECIMIENTOS

Desearía dar las gracias en primer lugar a mi director y amigo, el Prof. Javier Tardáguila. Por acogerme en este proyecto y por toda la motivación, dedicación, apoyo, consejos, entusiasmo, trabajo, criterio y ayuda, tanto a nivel profesional como personal, que ha derrochado durante estos años y que han hecho posible no sólo este trabajo de investigación sino un enorme aprendizaje y crecimiento personal e investigador. MUCHAS GRACIAS.

Al Prof. Fernando Martínez de Toda, por sus consejos, colaboración, apoyo y amistad, así como por compartir conmigo su sabiduría y su pasión por la viticultura.

Al Prof. Stefano Poni, por su colaboración y sugerencias en el diseño y ejecución de este trabajo y por su disponibilidad y rapidez on-line ante cualquier consulta.

Gracias también al Prof. Manuel Oliveira, por su colaboración y consejos con la estadística.

Quiero manifestar mi agradecimiento a tres grandes viticultores y compañeros, Juan Antonio Blanco, Pedro Balda y Ángel Amurrio, por hacerlo todo más fácil, por vuestro trabajo desinteresado y sobre todo, por estar ahí, y siempre con una sonrisa.

A todos los que han formado parte del grupo Vitur y de una forma u otra han colaborado o participado en la realización de este trabajo. A Víctor, Paula, Idoia, Roberto, Luis, Gonzalo S., Pilar, Elvira, Guadalupe, Tamara, Óscar, Jorge, Stefano, Nicola, Lya, Iria, Iñaki, Gonzalo S., Rodrigo, Irene, Sara, Sonia...

Gracias a la Prof. Belén Ayestarán, a Zenaida Guadalupe y a Álvaro Garrido, por su disponibilidad, colaboración y sugerencias en la realización de los análisis de uva y vino.

A todos los panelistas que han formado parte del panel sensorial durante estos años. Vuestra desinteresada constancia y participación en todas las sesiones han hecho posible una parte importante de este trabajo.

A Luis Otaño y José Miguel Peña por facilitar la elaboración de los vinos experimentales.

Gracias a Alfonso Pardo, por cedernos parte de su equipamiento y por su disponibilidad en todo momento.

A Sergio Aja, por sus consejos y ayuda en tareas fotográficas.

A Montse, Arturo, Amaya y Ana, por ofrecer siempre una alternativa y facilitar siempre el material de laboratorio necesario.

A mi prima, Ana Gonzalo, por su ayuda, disponibilidad y colaboración en la elaboración y análisis de los vinos.

Quiero agradecer de forma sincera el apoyo económico, material y personal que he recibido del grupo de bodegas ABC y de la compañía de maquinaria New Holland para la realización de este trabajo de investigación. Asimismo, gracias a todos los profesionales de estas compañías que me han brindado su ayuda en todo momento, especialmente Jorge Muga de Bodegas Muga, Julio Sáenz, Luis Lecuona, Fernando y Julio, de Bodegas La Rioja Alta, sin olvidarme de Íñigo Torres, como representante legal y coordinador de todo el grupo ABC, y de Javier Calvo, de la compañía New Holland.

A mi familia y amigos, por apoyarme siempre en todo aquello que emprenda, en especial a mis dos abuelas, Concepción y Soledad, por toda su sabiduría y cariño.

Por último, quiero dar las gracias a Diego y a mis padres, Miguel Ángel y María Teresa por ESTAR SIEMPRE A MI LADO. Sois mi tesoro. A Candela, por ser una motivación extra para completar este trabajo y sobre todo por abrir una nueva luz en nuestra vida.

A mis padres, Miguel Ángel y Maite.

A Diego.

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Tardáguila, J., Martínez de Toda, F., Poni, S. y Diago, M.P. (2010) Early leaf removal impact on yield components, fruit, and wine composition of Graciano and Carignan (*Vitis vinifera* L.) grapevines. American Journal of Enology and Viticulture (aceptado).

Diago, M.P., Vilanova, M. y Tardáguila, J. (2010) Effects of timing of early defoliation (manual and mechanical) on the aroma attributes of Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) wines. American Journal of Enology and Viticulture (aceptado).

COMUNICACIONES A CONGRESOS

Diago, M.P., Martínez de Toda, F., Poni, S. y J. Tardáguila. (2009) Early leaf removal for optimizing yield components, grape and wine composition in Tempranillo (*Vitis vinifera* L.). Proceedings of GiESCO 16th International Symposium. Davis, California, EEUU. pp. 113-118.

Diago, M.P., Martínez de Toda, F. y Tardáguila, J. (2009) Disminución de la producción, de la compacidad del racimo y mejora de la calidad de la uva mediante deshojado precoz en vid (*Vitis vinifera* L.) de las variedades Mazuelo y Graciano. Actas del VI Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas. Logroño, La Rioja, España.

Resumen
Abstract

1. INTRODUCCIÓN	
1.1. Importancia del sector vitivinícola	1
1.2. Importancia de la composición de la uva en la calidad del vino	2
1.3. Ciclo reproductor de la vid	4
1.4. Microclima de la canopy y calidad de la uva	7
1.5. Manejo en verde del viñedo (<i>Canopy Management</i>)	9
1.6. Técnicas de control de la producción vitícola	11
1.6.1. La poda	12
1.6.2. El despampanado	13
1.6.3. Aclareo manual de racimos	14
1.6.4. Aclareo químico	15
1.6.5. Deshojado precoz	16
1.7. Control mecanizado del rendimiento del viñedo	20
1.7.1. Aclareo mecánico	21
1.7.2. Deshojado precoz mecánico	23
2. OBJETIVOS	27
3. MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. Viñedos experimentales	29
3.1.1. Viñedo de Tempranillo (<i>Vitis vinifera</i> L.)	29
3.1.2. Viñedo de Graciano (<i>Vitis vinifera</i> L.)	29
3.1.3. Viñedo de Mazuelo (<i>Vitis vinifera</i> L.)	30
3.2. Características edáficas de los viñedos	30
3.2.1. Viñedo de Tempranillo (<i>Vitis vinifera</i> L.)	30
3.2.2. Viñedo de Graciano (<i>Vitis vinifera</i> L.)	31
3.2.3. Viñedo de Mazuelo (<i>Vitis vinifera</i> L.)	31
3.3. Características climáticas	33

3.4. Tratamientos y diseño experimental	35
3.5. Ejecución del deshojado precoz	40
3.5.1. Deshojado manual	40
3.5.2. Deshojado mecánico	40
3.6. Evaluación de parámetros agronómicos	47
3.6.1. Superficie foliar principal, secundaria y total	47
3.6.2. Porosidad de la canopy y exposición de los racimos	52
3.6.3. Fertilidad	54
3.6.4. Tasa de cuajado	54
3.6.5. Componentes de la producción	57
3.6.6. Compacidad del racimo	58
3.6.7. Estado sanitario de la uva	58
3.7. Evolución de la maduración de la uva	58
3.8. Composición y características físico-químicas y sensoriales de la uva	59
3.8.1. Componentes de la baya	59
3.8.2. Análisis físico-químico de la uva: azúcares y acidez	60
3.8.3. Color y polifenoles en uva	61
3.8.4. Análisis sensorial de bayas	67
3.9. Vinificaciones	68
3.10. Composición y características sensoriales del vino	71
3.10.1. Análisis físico-químico del vino: alcohol y acidez	71
3.10.2. Color y polifenoles	72
3.10.3. Análisis sensorial de los vinos	74
3.11. Análisis estadístico	77

4. RESULTADOS

4.1. Resultados agronómicos	81
4.1.1. Desarrollo de la superficie foliar	81
4.1.2. Porosidad de la canopy y exposición de los racimos	90
4.1.3. Fertilidad	98
4.1.4. Tasa de cuajado	105
4.1.5. Componentes de la producción	113
4.1.6. Compacidad del racimo	129
4.1.7. Estado sanitario de la uva	131
4.2. Evolución de la maduración de la uva	133
4.3. Composición y características sensoriales de la uva	145
4.3.1. Componentes de la baya	145
4.3.2. Composición físico-química de la uva: Azúcares y acidez en vendimia	153
4.3.3. Color y polifenoles	164
4.3.3.1. Antocianos y polifenoles por extracción y espectrofotometría UV-Visible	164
4.3.3.2. Monómeros fenólicos por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)	168
4.3.4. Análisis sensorial de bayas	183

4.4. Composición y características sensoriales del vino	185
4.4.1. Composición físico-química del vino: Alcohol y acidez	185
4.4.2. Color y polifenoles	196
4.4.2.1. Antocianos y polifenoles por extracción y espectrofotometría UV-Visible	196
4.4.2.2. Monómeros fenólicos por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)	199
4.4.3. Análisis sensorial de los vinos	215
5. DISCUSIÓN	
5.1. Parámetros agronómicos	229
5.2. Evolución de la maduración de la uva	246
5.3. Composición y características sensoriales de la uva	248
5.4. Composición y características sensoriales del vino	271
6. CONCLUSIONES	291
7. BIBLIOGRAFÍA	295

RESUMEN

Introducción y objetivos: La regulación del rendimiento del viñedo es una cuestión de gran importancia en la viticultura actual, a medida que crece la presión por producir uva de calidad a unos costes sostenibles. El objetivo principal de este trabajo era verificar si el deshojado precoz puede ser una técnica eficaz para regular la producción de uva, mejorar el microclima de los racimos así como la calidad de la uva y del vino en variedades de vid características de la viticultura mediterránea.

Metodología: Se realizó un deshojado en dos épocas (pre-floración y cuajado) de forma manual y mecánica, en las variedades de vid (*Vitis vinifera* L.) Tempranillo, Graciano y Mazuelo. Se estudió los efectos del deshojado precoz sobre los componentes de la producción, el desarrollo vegetativo, la porosidad de la *canopy* y el estado sanitario de los frutos. Asimismo, se estudió el impacto del deshojado sobre la composición de la uva, del vino y de sus características sensoriales.

Resultados: El deshojado precoz redujo significativamente la tasa de cuajado, el peso del racimo y la producción de uva por cepa. Se obtuvieron racimos más sueltos, con menor número de bayas. Éstas eran de menor o igual peso de baya pero con mayor proporción de hollejos y ratio hollejo/pulpa. En respuesta a la defoliación las cepas mostraron un crecimiento vegetativo compensatorio, que se tradujo en el mantenimiento e incluso incremento de la relación hoja/fruto. La porosidad de la *canopy* y la exposición de los racimos mejoraron sustancialmente y favorecieron una menor incidencia de Botrytis. Mejoró significativamente el grado de madurez tecnológica y fenólica en la uva, que dio lugar a vinos con mayor grado alcohólico, antocianos y polifenoles (ácidos hidroxicinámicos y flavonoles), así como mejores características organolépticas en boca. Además, en ausencia de un estrés biótico como la Botrytis, el deshojado precoz condujo al aumento de la concentración de resveratrol en vino. La época y modo de ejecución tuvieron un efecto importante en la reducción de los componentes de la producción así como en la mejora de la calidad de la uva y del vino, observándose los efectos más acusados en las cepas deshojadas en pre-floración, y de forma mecánica, respectivamente. El deshojado manual de 4 hojas fue en general insuficiente para alterar los componentes de la producción o la composición de la uva y del vino.

Conclusiones: El deshojado precoz es una estrategia válida y eficaz para regular el rendimiento productivo de la vid. Además, es una importante práctica vitícola, fácil de mecanizar, para mejorar sustancialmente la calidad de la uva y del vino en las variedades Tempranillo, Graciano y Mazuelo.

Importancia e impacto: El deshojado precoz podría convertirse en una novedosa, potente y eficaz técnica para regular el rendimiento productivo y mejorar notablemente la calidad de la uva y del vino. Su fácil mecanización puede ser de gran importancia para el sector vitivinícola, ya que puede resultar una alternativa económicamente competitiva a las costosas prácticas manuales tradicionales, como el aclareo manual de racimos.

Palabras clave: Deshojado precoz, microclima de los racimos, mecanización, componentes de la producción, composición de uva, composición del vino, Tempranillo, Graciano, Mazuelo, vid, *Vitis vinifera* L.

ABSTRACT

Background and aims: The economic regulation of yield is becoming more important as pressure increases to consistently produce high-quality fruit and manage production costs. The main goal of this study was to verify whether early leaf removal may be an efficient technique to regulate crop yield and to improve cluster microclimate as well as grape and wine quality in Mediterranean *Vitis vinifera* cultivars.

Methods: Early leaf removal was manual and mechanically conducted at two timings (pre-bloom and fruit-set) in Tempranillo, Graciano and Mazuelo cultivars. The effects of early defoliation on yield components, leaf growth, canopy porosity and fruit health were assessed. Moreover, the impact on grape and wine composition as well as on the wine sensory properties was also studied.

Results: Early leaf removal induced a significant decrease of fruit set, cluster weight and yield per vine. As a result, looser clusters of less number of berries were obtained. Berry weight was found to be similar or smaller than that of control but of increased relative skin and skin-to-pulp ratio. A leaf recovery response to defoliation was showed by the vines, leading to similar or even increased leaf-to-fruit ratios. Cluster exposure and canopy porosity were substantially improved, favoring a diminishment of Botrytis rot. In terms of grape composition, both technological and phenolic maturities were improved, leading to more alcoholic wines of higher anthocyanin and polyphenol (hidroxcinnamic acids and flavonols) concentrations, as well as of better mouthfeel sensory properties. Furthermore, when no biotic stress (such as Botrytis) was present, early leaf removal induced higher concentrations of resveratrol in the wines. Both timing and modality of defoliation were important in reducing yield components as well as in improving grape and wine quality and the more pronounced effects were observed for the pre-bloom and mechanical treatments, respectively. Hand removal of 4 leaves was overall ineffective in altering yield components and grape and wine composition.

Conclusions: Early leaf removal may be an efficient and valid strategy for grapevine crop regulation. It is an important viticultural technique easy to be mechanically performed in order to substantially improve grape and wine quality in cultivars Tempranillo, Graciano and Mazuelo.

Significance of the study: Early defoliation might become a novel, powerful and efficient technique to regulate grapevine yield and improve grape and wine quality. Its easiness of mechanization may be very interesting for the grape and wine industry, and may become an economically important alternative to traditional, expensive, and labor intensive practices, such as manual cluster thinning.

Key words: Early leaf removal, cluster microclimate, mechanization, yield components, grape composition, wine composition, Tempranillo, Graciano, Mazuelo, grapevine, *Vitis vinifera* L.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. IMPORTANCIA DEL SECTOR VITIVINÍCOLA

La importancia del sector vitivinícola a nivel regional, nacional y europeo es una realidad desde el punto de vista económico, social, ambiental y cultural. España cuenta con 1.16 millones de hectáreas destinadas al cultivo de la vid (de las que el 97.4 % se destina a la producción de vino). Es el país con mayor extensión de viñedo de la Unión Europea (30 % de la superficie total de la UE), y del mundo (15 % de la extensión vitícola mundial) (ICEX, 2008). La vid ocupa el tercer lugar en extensión de los cultivos españoles, por detrás de los cereales y el olivar (ICEX, 2008).

En términos de producción de vino, las últimas estimaciones de la Organización Internacional de la Vid y el Vino sitúan la producción mundial entre 262.8-273.1 millones de hectolitros (OIV, 2009), de los cuales alrededor del 13 % (34 millones de hectolitros) se elaboran en España (ICEX, 2008). La industria vitivinícola española empleaba en el año 2006 alrededor de 23000 personas (5.98 % del total de empleos de la industria agroalimentaria) y el sector suponía alrededor del 1 % del PIB español.

El cultivo de la vid en España se extiende por todas las comunidades autónomas, si bien cerca de la mitad de la superficie de viñedo se encuentra en Castilla La Mancha (540000 ha), que es la zona geográfica del mundo con mayor extensión dedicada a su cultivo. Sin embargo, en proporción a la superficie cultivada, La Rioja es la Comunidad Autónoma que dedica mayor extensión al cultivo de la vid. España cuenta con 73 zonas de producción de vinos de calidad producidos en región determinada (v.c.p.r.d) de las que la mayor parte son Denominaciones de Origen (D.O.), y solamente 2, Denominaciones de Origen Calificadas (D.O.Ca), Rioja y Priorato. La D.O.Ca Rioja ha

sido siempre un referente vitivinícola en España y en el mundo. En la D.O.Ca Rioja se cultivan 61000 ha de viñedo y se producen cerca de 272 millones de litros de calidad reconocida (D.O.Ca Rioja, 2008).

En las últimas décadas, el despegue de la vitivinicultura en países del Nuevo Mundo ha estimulado la investigación vitícola y ha puesto de relieve la importancia de la viticultura en la obtención de vinos de calidad.

1.2. IMPORTANCIA DE LA COMPOSICIÓN DE LA UVA EN LA CALIDAD DEL VINO

La calidad de un vino no es un concepto fácil de definir, pero idealmente debería expresar las características visuales y organolépticas, tanto en aroma como en gusto percibidas en el vino, que lo sitúan por encima de la media en su tipo o categoría de vino (Jackson y Lombard, 1993).

El análisis de la composición físico-química del vino puede calificarse como un método objetivo de evaluación de la calidad, pero debe reflejar y estar íntimamente relacionada con la evaluación sensorial. A su vez, la composición físico-química del vino está directamente vinculada a la composición físico-química de la uva con la que se elabora, siempre y cuando la transformación de uva en vino se haya realizado conforme a unas prácticas enológicas adecuadas.

El contenido en azúcares y la acidez de la uva reflejan el grado de madurez tecnológica de la misma y son indicadores del grado alcohólico potencial y de la acidez del vino. En zonas muy frías, donde la sobremaduración es prácticamente inexistente, la concentración de sólidos solubles de la uva se utiliza como indicador de madurez y calidad, mientras que en zonas con clima más moderado la concentración de azúcares es un parámetro a tener en cuenta, pero no intrínsecamente indicativo de la calidad de la uva y del vino producido (Winkler et al. 1974). La acidez de la uva, principalmente definida por las concentraciones de los ácidos málico y tartárico, disminuye a medida

que avanza la maduración de los frutos y tanto un exceso como un defecto de la misma influyen en la acidez final del vino, siendo en ocasiones necesarios los ajustes de acidez.

A pesar de que los metabolitos secundarios de la uva, que engloban numerosas sustancias aromáticas, antocianos y otros polifenoles, no son los compuestos mayoritarios en la uva, son responsables del color y de las propiedades organolépticas de los vinos, y su concentración en la uva se correlaciona intrínsecamente con su concentración en el vino (Iland, 1987; Jensen et al. 2008) y la calidad final del mismo (Somers y Evans, 1974; Jackson et al. 1978; Francis et al. 1998). Los compuestos fenólicos son los responsables del color (principalmente los antocianos), así como de las propiedades gustativas y táctiles, como el amargor y la astringencia, y contribuyen a la estabilidad y longevidad de los vinos (Jackson y Lombard, 1993; Boulton 2001; Downey et al. 2006). Sin embargo, el valor intrínseco de los compuestos fenólicos sobre la calidad del vino no solamente está determinado por su concentración total sino por su identidad y concentración individual así como por su importancia sensorial e interacción con otros compuestos, sean polifenoles o sustancias aromáticas (Kennedy et al. 2006; Lund et al. 2009). Del mismo modo, las concentraciones de terpenos, ésteres, norisoprenoides, alcoholes, aldehídos, metoxipirazinas y otros compuestos aromáticos, así como aminoácidos, presentes en la uva, pueden conformar un perfil aromático en el vino que contribuya a la calidad del mismo.

Entre los factores vitícolas más importantes que inciden en la calidad de la uva, y por tanto, en la calidad del vino, se encuentran el rendimiento productivo (Chapman et al. 2004) y las condiciones del microclima de la canopy (Smart y Robinson, 1991; Haselgrove et al. 2000).

1.3. CICLO REPRODUCTOR DE LA VID

El ciclo reproductor de la *Vitis vinifera* es un proceso complejo, fuertemente influido por las condiciones ambientales y las prácticas de cultivo, que se extiende a lo largo de dos años. El número de estudios realizados acerca de la floración y de los diferentes factores que afectan su desarrollo es muy elevado, y han sido recientemente revisados en profundidad por Vasconcelos et al. (2009). Pueden definirse cuatro etapas críticas en la formación de la flor: inducción, iniciación y diferenciación temprana, durante el primer año, y diferenciación tras la brotación, en el segundo año. La Figura 1.1 recoge un esquema del ciclo reproductor de la vid.

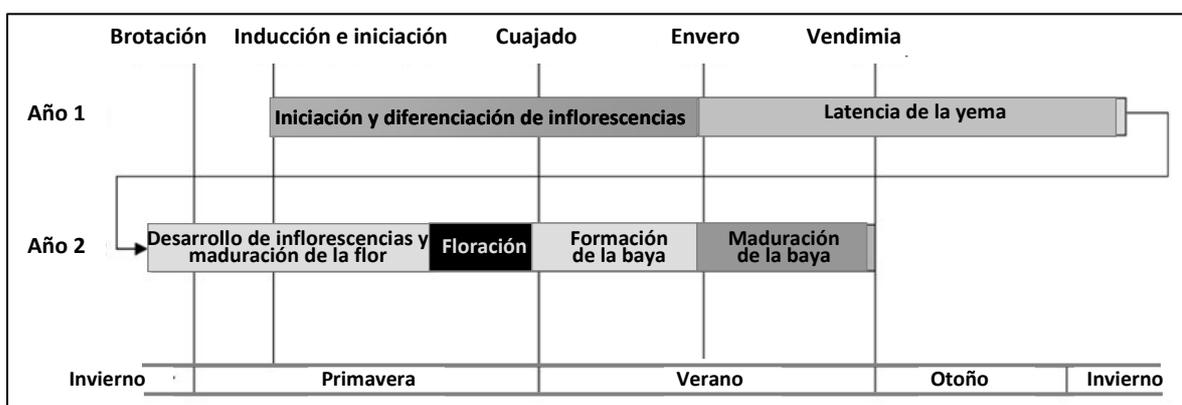


Figura 1.1. Desarrollo, a lo largo de dos años, del ciclo reproductor de la vid (adaptado de Carmona et al. 2008).

Inducción y diferenciación de inflorescencias

Durante el primer año tiene lugar la inducción, consistente en la formación de un primordio reproductor (May 2004). Los zarcillos y las inflorescencias tienen un primordio origen común, y su destino final depende de un equilibrio hormonal entre citoquininas y giberelinas, siendo las primeras las que favorecen la transición hacia la flor. Una vez que se han diferenciado los primordios de inflorescencia, de zarcillo y de pámpano, empiezan a desarrollarse los meristemos que se convertirán en flores en el segundo año, aunque no todos ellos están presentes en la yema latente.

Entre los principales factores que afectan la fertilidad de las yemas se incluyen la exposición a la luz, la temperatura y la disponibilidad de carbohidratos. Una buena iniciación se ve favorecida por una suficiente iluminación de la yema, temperatura moderada y ausencia de cualquier tipo de estrés (Buttrose 1970; ; Dunn y Martin, 2000; Petrie y Clingeleffer, 2005).

La mayoría de los estudios realizados coinciden en la necesidad de una buena iluminación de la yema para favorecer la fertilidad de ésta (May 1965; Buttrose 1974; Sánchez y Dokoozlian, 2005). El efecto de la temperatura está directamente vinculado a la mayor exposición solar, y en general se acepta que temperaturas inferiores a 20 °C o superiores a 35 °C tienen un efecto negativo en la fertilidad, que también difiere según la variedad (Buttrose 1970). Relacionado con la luz y la temperatura, las condiciones de lluvia y calor durante el período de formación del primordio de la inflorescencia también juegan un papel fundamental en la fertilidad de la yema (Huglin, 1960; Sommer et al. 2000).

Durante el desarrollo, las yemas latentes reciben principalmente carbohidratos de las hojas situadas en el mismo lado del pámpano (Hale y Weaver, 1962). A diferencia de otros cultivos, no parece existir una competencia entre la iniciación y diferenciación de inflorescencias en las yemas latentes, y el desarrollo de las flores ya abiertas, previo al cuajado (Antcliff y Webster, 1955; Huglin 1958) aunque hay una amplia evidencia de la competición entre el crecimiento vegetativo y el proceso de floración (Vasconcelos y Castagnoli, 2000). Así, una reducción en la fotosíntesis durante la floración puede tener un impacto muy negativo en la fertilidad de la yema (Candolfi-Vasconcelos y Koblet, 1990), aunque algunos estudios la han relacionado también con las reservas de carbohidratos en las partes perennes (Candolfi-Vasconcelos y Koblet, 1990; Bennett et al. 2005).

Floración y cuajado

La formación y distinción de las diferentes partes de la flor comienza tras la brotación, en el segundo año del ciclo reproductor. La floración suele comenzar en las inflorescencias basales del pámpano, y progresa verticalmente hacia arriba, aunque

dependiendo del genotipo dicho progreso puede manifestar diferencias (Castelli y Pisani, 1985). Al igual que en los procesos de inducción, iniciación y diferenciación del primer año, la luz, la temperatura y la disponibilidad de carbohidratos son fundamentales en la floración, y se considera que el inicio de la misma está desencadenado por la disponibilidad de carbohidratos. La combinación de excesiva temperatura y humedad baja (inferior al 45 %) se considera negativa para el desarrollo de la floración, y puede resultar en una polinización pobre, seguida de un cuajado deficiente. La lluvia antes y durante la floración puede entorpecer la dehiscencia, provocando la caída de las flores antes de su apertura (Koblet 1966).

Los carbohidratos necesarios para la floración pueden provenir de las reservas de las partes perennes y de la fotosíntesis de las hojas. Sin embargo, existe unanimidad entre los diferentes investigadores en afirmar que la hoja es la principal fuente de carbohidratos de la inflorescencia en desarrollo durante la floración (Lebon et al. 2005). Así, algunos estudios han mostrado que la defoliación alrededor de la floración puede provocar el aborto de algunas flores y disminuir el cuajado (Candolfi-Vasconcelos y Koblet, 1990).

Por otro lado, un desequilibrio de los macro o micronutrientes puede tener efectos negativos en la floración y cuajado (Alexander y Woodham, 1964; Ewart y Kliewer, 1977; Longbottom et al. 2004; Williams et al. 2004; Amiri y Fallahi, 2007).

El cuajado, transformación de la flor en fruto, es muy variable en función de la variedad, el clon y la añada. Cuando la etapa de floración tiene lugar en condiciones normales, la falta de cuajado (denominada "corrimiento") se deberá a una deficiente alimentación de la flor y del fruto recién formado, que no dispone de suficientes azúcares que garanticen su correcto desarrollo (Kliewer y Antcliff, 1970; Martínez de Toda, 1991; May 2004). De este modo, cualquier incidencia o técnica de cultivo que conduzca a una disminución de la disponibilidad de azúcares en este período, potenciará el corrimiento, disminuyendo, por tanto, la tasa de cuajado, o lo que es igual el porcentaje de flores que se transforman en fruto.

Terminado el cuajado, el desarrollo del fruto comienza con un período de multiplicación celular (aumento del número de células, por mitosis) que dura aproximadamente de 2 a 3 semanas. Transcurrido este tiempo, la multiplicación celular cesa, dando paso a una etapa de agrandamiento celular, durante las 4 semanas siguientes. Sin embargo, el tamaño de la baya viene determinado por el número de células del pericarpio y por la elasticidad de las paredes celulares (Ojeda et al. 1999). Por tanto, cualquier problema o técnica de cultivo que dificulte el desarrollo del fruto en este período, podría tener consecuencias posteriores sobre el tamaño final del fruto.

1.4. MICROCLIMA DE LA CANOPY Y CALIDAD DE LA UVA

La importancia del microclima en viticultura fue discutida por Smart (1985) para comentar los efectos de las condiciones ambientales en la zona más próxima y cercana a las hojas y los racimos de la cepa. El microclima depende fundamentalmente de la densidad foliar y la disposición de las hojas y racimos, y tiene una importancia crítica en la cantidad y calidad de la luz que llega a la planta, así como en la temperatura y humedad de las hojas y racimos (Smart y Robinson, 1991).

El estado sanitario de la uva es un parámetro esencial de la calidad de la misma. En cepas con elevada densidad foliar, la transpiración de las hojas puede conducir al aumento de humedad alrededor de hojas y racimos. Si la canopy es abierta y porosa se favorece la ventilación, reduciéndose la diferencia de humedad entre el interior y el exterior de la masa foliar, disminuyendo el desarrollo de infecciones fúngicas como la *Botrytis* (Gubler et al. 1991; Smart y Robinson, 1991; Zoecklein et al. 1992).

Con frecuencia, la mayor exposición de los racimos ha sido asociada a la mejora de la calidad de la uva (Kliewer y Lider, 1968; Kliewer 1970; Smart et al. 1985; Crippen y Morrison, 1986ab; Reynolds et al. 1986; Mabrouk y Sinoquet, 1998), que presentaba mayor contenido en azúcares, antocianos y polifenoles y menor acidez total y

concentración de ácido málico. La exposición de los racimos a la luz solar y el incremento de temperatura asociado han sido descritos como dos factores importantes que favorecen la degradación del ácido málico en la uva (Lakso y Kliewer, 1975; Kliewer y Smart, 1989). Por otro lado, Kliewer y Schultz (1964) observaron una mayor incorporación de $^{14}\text{CO}_2$ en la síntesis de ácido tartárico en bayas expuestas completamente a la luz solar respecto a bayas sometidas a distintas condiciones de sombreadamiento. Además, en climas frescos una mayor exposición de los racimos parece mejorar su coloración por incremento de la concentración de antocianos (Dokoozlian y Kliewer, 1996; Phelps 1999; Bergqvist et al. 2001), pero una exposición excesiva, sobre todo en zonas cálidas, puede provocar una disminución del color (Price et al. 1995; Haselgrove et al. 2000; Bergqvist et al. 2001) e incluso quemaduras en la baya (May et al. 1976; Bergqvist et al. 2001; Spayd et al. 2002). El efecto de la exposición de los racimos a la radiación solar está fuertemente ligado a la temperatura de la baya y varios autores han mostrado incrementos de 5-10 °C en hojas y racimos expuestos respecto a hojas y racimos sombreados en diferentes variedades de uva (Kliewer y Lider, 1968; Haselgrove et al. 2000).

Los antocianos y otros compuestos fenólicos han sido descritos como importantes indicadores de la calidad de la uva (Iland 1987; Petrie y Clingeleffer, 2006; Downey et al. 2006). La influencia de la luz y la temperatura en la síntesis y acumulación de antocianos y polifenoles es un fenómeno complejo. La separación de los efectos de la luz y la temperatura en la composición fenólica de la baya no es sencilla, ya que muchas de las rutas metabólicas de síntesis de estos compuestos son sensibles a ambos factores (Spayd et al. 2002). En general, existe un consenso en que un incremento de la luz favorece la acumulación de polifenoles en la baya, principalmente del grupo de los flavonoides, y entre ellos, los antocianos y flavonoles, siendo el efecto más acusado en este grupo. Se han observado incrementos de hasta diez veces la concentración de estos compuestos en bayas expuestas al sol respecto a bayas sombreadas (Price et al. 1995; Haselgrove et al. 2000; Spayd et al. 2002; Tarara et al. 2008). Además, Downey et al. (2004a) describieron que el contenido en flavonoles en bayas que no estaban expuestas a la luz era prácticamente despreciable. Son varios los trabajos diseñados para separar los efectos de la luz y la temperatura en la

acumulación de antocianos (Haselgrove et al. 2000; Bergqvist et al. 2001; Spayd et al. 2002; Tarara et al. 2008). En general, se considera que si las condiciones de luz dentro de una canopy son tales que los racimos reciben luz suficiente ($100 \text{ mmol/m}^2/\text{s}$, según Bergqvist et al. 2001), pero de intensidad moderada, la luz no es un factor limitante en la síntesis de antocianos. Sin embargo, sí parece serlo la temperatura (Mabrouk y Sinoquet, 1998). Los enzimas que participan en la ruta biosintética de estos pigmentos parecen funcionar óptimamente en un rango concreto de temperatura, que según Pirie (1977) estaría entre 17-26 °C. En un estudio realizado por Buttrose et al. (1971) en bayas de Cabernet Sauvignon, se observó que el desarrollo del color era mayor cuando la temperatura se mantuvo a 20 °C que a 30 °C. Similares resultados fueron descritos por Spayd et al. (2002) en bayas de Merlot y por Haselgrove et al. (2000), quienes llegaron a indicar que en climas cálidos, con temperaturas alrededor de 35 °C, una elevada exposición solar no conducía a una óptima acumulación de antocianos en bayas de Shiraz, debido a la inhibición de la síntesis de antocianos y/o al incremento de la degradación de los mismos. Además, se ha observado que el efecto de la temperatura en la síntesis de antocianos depende de la variedad (Kliewer y Torres, 1972). De este modo, para temperaturas diurnas entre 30-35 °C, la síntesis de antocianos en bayas de Pinot Noir no se vio afectada, mientras que en la variedad Cardinal, dicha síntesis prácticamente se inhibió.

1.5. MANEJO EN VERDE DEL VIÑEDO (*CANOPY MANAGEMENT*)

El manejo en verde del viñedo engloba un conjunto de técnicas que permiten modificar el desarrollo vegetativo, la posición y número de hojas y frutos, y por tanto, el microclima de la canopy. La modificación del microclima de la canopy tiene importantes implicaciones en la fisiología de la cepa y puede afectar a la transpiración, la fotosíntesis, la respiración, la translocación de carbohidratos y otros metabolitos, y a las relaciones hídricas (Smart y Robinson, 1991).

Las técnicas de manejo en verde del viñedo pueden utilizarse para regular el rendimiento productivo, mejorar la calidad y el estado sanitario de la uva y facilitar la mecanización (Tardáguila, 2009).

En la viticultura de calidad existe un conjunto de principios generales de la gestión en verde, que se enumeran a continuación:

- Disponer de una amplia y bien expuesta superficie foliar.
- La superficie foliar debe mantenerse sana y eficiente durante la estación vegetativa.
- Regular la producción de uva de forma eficaz.
- Conseguir un equilibrio entre el desarrollo foliar y la producción.
- Mantener un microclima luminoso en la zona fructífera adecuado a las condiciones climáticas.
- La disposición de la vegetación debe permitir la ejecución de otras técnicas de cultivo, facilitando la mecanización.

Las principales técnicas de manejo en verde del viñedo, empleadas para conseguir los principios generales enumerados en la parte superior se resumen en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Descripción de las principales técnicas de manejo en verde del viñedo.

Técnica de manejo en verde	Descripción
Espergurado	Eliminación de chupones o esperguras del tronco, del cordón y de los brazos. También se eliminan los brotes de las yemas de la corona y los pámpanos "dobles".
Despunte	Eliminación de los ápices de pámpanos y/o nietos.
Desnietado	Eliminación de los nietos o brotes laterales de los pámpanos que se encuentran alrededor de los racimos.
Deshojado	Supresión de las hojas basales de los pámpanos, que se encuentran alrededor de los racimos.
Recogida de la vegetación	Recogida y colocación vertical de los pámpanos entre los alambres de una espaldera.
Despampanado	Supresión de pámpanos fructíferos de la cepa.
Aclareo de racimos	Eliminación de racimos de la cepa

Algunas de las técnicas de gestión en verde mostradas en la Tabla 1.1 permiten regular el rendimiento productivo del viñedo, un aspecto de enorme interés en la viticultura actual.

1.6. TÉCNICAS DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN VITÍCOLA

El principal objetivo de la viticultura durante la mayor parte de su historia ha sido el aumento de la productividad del viñedo. En general, el viñedo era poco productivo, con material vegetal poco o nada seleccionado, de escasa fertilidad (pequeño número y tamaño de los racimos). Además, el viñedo se cultivaba con frecuencia en suelos de baja fertilidad general, con escasa disponibilidad hídrica, y generalmente, sin posibilidad de aplicación de riego.

En ese contexto la prioridad por aumentar la productividad del viñedo condujo a la realización de numerosos estudios de investigación sobre distintas técnicas vitícolas (utilización de suelos más fértiles, aumento del número de yemas en la poda, uso de fertilizantes, material vegetal seleccionado, mejoras en la protección de cultivos, etc...) encaminadas a aumentar la productividad del viñedo. De este modo, Martínez de Toda (1985), en su tesis doctoral, abordó la influencia de determinadas operaciones en verde, como el despunte y el desnietado en la mejora del proceso de cuajado de la vid.

En la última década, la situación vitícola ha sufrido un cambio radical, pudiendo incluso decirse que se ha invertido. La plantación en suelos más fértiles, una mayor aplicación del riego y fertilizantes, así como la utilización de clones seleccionados han conducido a un aumento del rendimiento (Figura 1.2.).

De ahí surge que la regulación de la producción de una forma eficaz y competitiva sea cada vez una cuestión de mayor importancia y muy especialmente, a medida que crece la presión por producir uva de calidad de forma consistente y a unos costes sostenibles. Entre las principales técnicas empleadas tradicionalmente en el control de la producción de uva se incluyen la poda, el despampanado, el aclareo manual de

racimos y el aclareo químico. Sin embargo, estas técnicas vitícolas no siempre aseguran una mejora de la calidad de la uva.



Figura 1.2. Racimos compactos de Tempranillo en un viñedo de elevada producción.

Muy recientemente se han publicado los primeros trabajos sobre el deshojado precoz (Poni et al. 2005; Poni et al. 2006), como técnica innovadora que podría utilizarse para el control del rendimiento productivo del viñedo.

1.6.1. LA PODA

Desde la antigüedad, la poda ha sido la técnica más barata y sencilla que ha tenido el viticultor para controlar la producción de uva. En general, se puede afirmar que con una menor carga de yemas se obtiene una producción inferior. Sin embargo, es fundamental considerar que una reducción de la carga de yemas induce un aumento del vigor, con posibles efectos negativos sobre la calidad de la uva y del vino (Chapman et al. 2004). En este sentido, a pesar de que la restricción en el número de yemas por

cepa puede conducir a una reducción de la producción final, cuando el vigor es elevado se puede potenciar un crecimiento excesivo de los pámpanos, que acarrea un efecto compensatorio en el rendimiento, debido a una mayor fertilidad de las yemas, así como al desarrollo de yemas ciegas (Poni et al. 2004).

1.6.2. EL DESPAMPANADO

El despampanado o supresión de pámpanos fructíferos de la cepa, es una técnica sencilla para disminuir la producción de uva del viñedo y la densidad de la canopy. Fue utilizada por Pool et al. (1978) para controlar el rendimiento productivo en variedades híbridas franco-americanas, dada la insuficiente capacidad de la poda para regular la producción en estas variedades. El despampanado suele llevarse a cabo de forma temprana, cuando los pámpanos tienen entre 15-25 cm de longitud. Junto al efecto sobre la producción, la mejora del microclima de la canopy y de la calidad de la uva, son otros de los objetivos que persigue la técnica del despampanado (Reynolds et al. 1994a; Reynolds et al. 2005). A pesar de la eficacia de esta técnica en el control del rendimiento, reduciendo la producción por cepa, principalmente por reducción del número de racimos (Morris et al. 2004; Myers et al. 2008), el número de estudios sobre los efectos de esta práctica en la composición de la uva y del vino es muy escaso (Reynolds et al. 2005). Estos autores evaluaron el efecto de la época de despampanado en los componentes de la producción y la composición de la uva y del vino en las variedades Pinot Noir y Cabernet Franc. Las principales diferencias entre el despampanado temprano (pámpanos con 3-5 hojas y floración) y el despampanado tardío (cuajado e inicio de la fase I) se manifestaron en la mayor superficie foliar de las cepas en los tratamientos tempranos frente a los tardíos. En este trabajo, el despampanado redujo la producción de uva por disminución del número de racimos por cepa, pero tuvo un efecto variable en el peso y número de bayas por racimo así como en el peso de baya. En términos de composición de uva y vino, el resultado más relevante fue el incremento en el contenido en azúcares del mosto, pero no alteró la composición del vino en ningún caso.

Desde el punto de vista del modo de ejecución, es una técnica principalmente manual, con altos costes de mano de obra, aunque los últimos avances en mecanización para viticultura han permitido realizar las primeras experiencias de despampanado mecánico (Morris y Oldridge, 2002).

1.6.3. ACLAREO MANUAL DE RACIMOS

El aclareo manual de racimos (Figura 1.3.) es la principal técnica utilizada en viticultura para el control de la producción de uva (García-Escudero 2006). Se trata de una técnica muy cara, debido al tiempo empleado y a la elevada cantidad de mano de obra requerida, y cuyos resultados pueden considerarse en muchos casos irregulares (Ough y Nagaoka, 1984; Reynolds 1989). En España, la labor de aclareo manual en viñedos conducidos en espaldera puede conllevar alrededor de 40-50 horas por hectárea (Martínez de Toda y Tardáguila, 2003).

Son numerosos los estudios sobre los efectos del aclareo manual en la composición de la uva y del vino (García-Escudero y Zaballa, 2000). Los efectos son variables y, en general, dependen de la ratio superficie foliar expuesta/producción (Bertamini et al. 1991). Varios estudios demuestran que mediante el aclareo es posible obtener uva de mayor calidad, con contenidos de azúcares más elevados, así como aumento del color y aromas en vendimia (Bertamini et al. 1991; García-Escudero et al. 1995; Guidoni et al. 2002; Tardáguila et al. 2005; Reynolds et al. 2007). En ocasiones, la reducción del rendimiento mediante el aclareo manual no conlleva una mejora de la calidad de la uva, debido principalmente a un crecimiento compensatorio de la baya (Candolfi-Vasconcelos et al. 2007).

Es necesario subrayar que el aclareo manual de racimos actúa reduciendo únicamente el número de racimos, o su tamaño (si se realiza un aclareo de partes de racimo), pero nunca va a disminuir la compacidad del mismo. En los últimos años se ha intentado mecanizar esta práctica vitícola para reducir el coste económico de la ejecución manual del aclareo, como se analizará más adelante en el apartado 1.7.1.



Figura 1.3. Aclareo manual de racimos practicado en enero.

1.6.4. ACLAREO QUÍMICO

El aclareo químico de racimos se basa principalmente en la utilización de hormonas vegetales o fitohormonas. Los principales estudios sobre el control de la producción mediante fitohormonas se han centrado en el grupo de las giberelinas y el etileno. A pesar de que las giberelinas han demostrado su potencial en la reducción del cuajado, los resultados obtenidos son muy heterogéneos e irregulares, dependientes del genotipo y de las dosis de tratamiento (May 2004). Además, han mostrado efectos acumulativos de reducción del vigor y de la fertilidad en las siguientes campañas (Weaver 1960).

Conclusiones similares se han obtenido para la aplicación de ethephon (ácido 2-cloro-etil-fosfónico), compuesto capaz de liberar etileno. Los estudios *in vitro* han demostrado la participación de dicho compuesto en el proceso de abscisión ovárica (Bessis et al. 2000). Además, varios trabajos han descrito la reducción de la producción de uva y del desarrollo vegetativo de la cepa tras la aplicación de ethephon en las fases iniciales del crecimiento, en primavera (Weaver y Pool, 1971a, 1971b; Lavee et al. 1977). A pesar de ello, los resultados de los ensayos en campo sobre diversas variedades de uva, en distintas épocas y con varias dosis de aplicación no han sido nada concluyentes (Weaver y Pool, 1971a; Mannini et al. 1981). Por otro lado, se han descrito diversos efectos secundarios que influyen en el crecimiento de yemas secundarias, desecación de los ápices y una menor fertilidad en la siguiente campaña (Weaver y Pool, 1971a; Mannini et al. 1981; Szyjewicz et al. 1984) aunque otros trabajos no han mostrado efectos adversos sobre la viabilidad de las yemas y la madurez de la madera (Wolf et al. 1990).

En general, se puede afirmar que el aclareo químico es una práctica muy poco utilizada en la viticultura mundial.

1.6.5. DESHOJADO PRECOZ

Tradicionalmente, el deshojado del viñedo (Figura 1.4.), que consiste en la supresión parcial de las hojas basales de los pámpanos, ha sido realizado en cuajado o envero, normalmente en condiciones de elevada densidad foliar (Percival et al. 1994; Staff et al. 1997; Petrie et al. 2000; Petrie et al. 2003). A esta práctica, la podríamos denominar deshojado clásico.

Los objetivos del deshojado clásico son: a) incrementar la exposición de los racimos, para lograr una mayor calidad de la uva en zonas de clima fresco, especialmente un aumento del color y de la tipicidad aromática (Crippen y Morrison, 1986b; Morrison y Noble, 1990; Dokoozlian y Kliewer, 1996; Haselgrove et al. 2000; Bergqvist et al. 2001), b) reducir la incidencia de enfermedades criptogámicas (Bledsoe et al. 1988) (mayor

aireación y exposición de los frutos) y c) incrementar la eficacia de los tratamientos fitosanitarios (Gubler et al. 1991).



Figura 1.4. Deshojado clásico manual en viñedo en vaso.

Tardáguila et al. (2008b) mostraron que la época de deshojado puede condicionar los resultados finales. Así, estos autores observaron que el deshojado en cuajado mejoraba significativamente la composición físico-química y las características organolépticas de los vinos de Garnacha, tanto en color como aroma, respecto al deshojado realizado en enero. Es necesario destacar que en ningún caso el deshojado clásico se utiliza para controlar el rendimiento productivo del viñedo.

Por otro lado, el deshojado precoz es una técnica pionera para el control del rendimiento, que ha sido propuesta en los últimos años en Italia (Poni et al. 2005; Poni et al. 2006). Sus objetivos y época de ejecución difieren notablemente del deshojado clásico.

El deshojado precoz tiene como objetivo principal la regulación de la producción de uva y se fundamenta en la relación funcional existente entre el rendimiento productivo y la disponibilidad de azúcares en el momento de pre-floración (Coombe, 1959; Coombe, 1962; Caspari y Lang, 1996). Tratamientos con $^{14}\text{CO}_2$ en las hojas cercanas a los racimos antes y después de floración demostraron la migración de carbohidratos hacia las inflorescencias (Figura 1.5.).

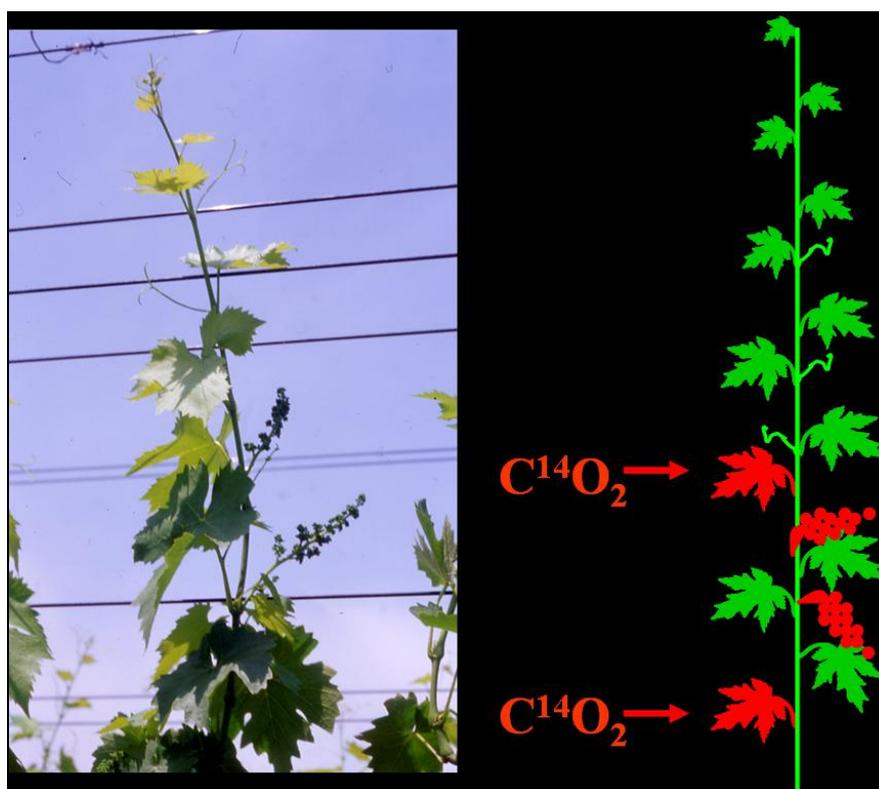


Figura 1.5. Las hojas basales de los pámpanos, principal fuente de nutrientes en floración (reproducido de Intrieri et al. 2008b)

Esto demuestra que durante el período anterior y posterior a la floración, las hojas basales adultas de los pámpanos, representan la principal fuente de nutrientes para garantizar el cuajado (Quinlan y Weaver, 1970). Sin embargo, la eliminación de hojas de forma temprana también causa un efecto en el microclima de las hojas y los frutos, con las implicaciones que dicho efecto puede tener en la calidad de la uva producida.

Los primeros trabajos sobre deshojado precoz se han desarrollado en Italia, en plantas de vid de la variedad Sangiovese en maceta (Poni et al. 2005) y en viñedo comercial de la variedad Trebbiano (Poni et al. 2006). El deshojado precoz consistía en la eliminación de una serie de hojas (entre cuatro y seis) de la parte basal del pámpano, es decir, en las inmediaciones de los racimos, alrededor de la época de floración. La eliminación de estas hojas adultas, que realizan una fotosíntesis muy activa, provocaba la reducción de la disponibilidad de azúcares de la inflorescencia, limitando el cuajado y/o el desarrollo inicial de la baya, y por tanto su tamaño final, originando racimos menos compactos, más sanos y de una mejor calidad (Poni et al. 2006). En este trabajo, el deshojado precoz, realizado de forma manual, por eliminación de seis hojas basales en pre-floración y cuajado en las variedades Sangiovese y Trebbiano condujo a una reducción significativa de la tasa de cuajado entre el 6-19 %, respectivamente, así como de la producción de uva por pámpano, con descensos comprendidos entre 20-48 % en Sangiovese y Trebbiano. En ambas variedades, el descenso del rendimiento fue provocado por la obtención de racimos de menor peso y con un inferior número y peso de bayas, respecto al control. La sanidad de la uva también mejoró, observándose una menor incidencia de *Botrytis* en la uva correspondiente a los tratamientos de deshojado. Además, el deshojado precoz también indujo una mejora de la calidad de la uva, principalmente traducida en mayores concentraciones de azúcares, antocianos y polifenoles. Trabajos posteriores (Intrieri et al. 2008; Poni et al. 2009) realizados en las variedades Sangiovese, Barbera y Lambrusco, han mostrado la eficacia del deshojado precoz en el control de la producción, pero también han descrito diferencias en la influencia sobre el peso de baya y la composición de la uva en función de la variedad.

Según los resultados publicados por Poni et al. (2006), los mecanismos que explican la mejora de la calidad de la uva como consecuencia del deshojado precoz incluyen: a) una mayor ratio superficie foliar/producción; b) una presencia de hojas más jóvenes, y por tanto, fotosintéticamente más activas, a lo largo del proceso de maduración de la baya; c) un efecto compensatorio en la capacidad fotosintética de las hojas que permanecen en la planta tras la defoliación, ampliamente documentado en otros estudios de deshojado (Candolfi-Vasconcelos y Koblet, 1991; Petrie 2003; Poni y Giachino, 2000); d) disminución del tamaño de la baya, con una mayor relación

hollejo/pulpa. Poni et al. (2008) estudiaron los efectos fisiológicos a nivel de cepa causados por el deshojado precoz. Estos autores observaron un incremento del 38 % de la actividad fotosintética en las cepas deshojadas respecto a las cepas control, sin deshojar. El incremento de la fotosíntesis se tradujo en una mayor disponibilidad de carbohidratos para la maduración de la uva.

Aparte de los aspectos y resultados mencionados, otras dos ventajas fundamentales que podrían derivarse de la aplicación de esta práctica vitícola son la ausencia de necesidad de realización de desnietado (supresión de los nietos o brotes laterales de los pámpanos, situados alrededor de los racimos), así como del aclareo de racimos en épocas posteriores. Ambas técnicas son muy caras, y requieren gran cantidad de mano de obra (Martínez de Toda y Tardáguila, 2003). En relación con el desnietado, el deshojado precoz realizado de forma temprana, en las inmediaciones de la floración, parece promover el crecimiento de brotes laterales, cuyo efecto de cubrimiento parcial de los racimos, puede ser beneficioso en la protección de estos frente una excesiva exposición y temperatura, especialmente críticas en zonas cálidas (Poni et al. 2006).

En resumen, esta innovadora y atractiva técnica vitícola propuesta para regular la producción está aún poco estudiada. Se desconoce cómo podría funcionar en variedades mediterráneas y condiciones de secano, típicas de la viticultura mediterránea. Además, sería interesante estudiar los efectos sobre la composición fenólica, las propiedades organolépticas y la calidad del vino.

1.7. CONTROL MECANIZADO DEL RENDIMIENTO DEL VIÑEDO

En el marco de la viticultura actual, donde la producción de uva de calidad a unos costes sostenibles y competitivos es de vital importancia, la ejecución de labores de forma manual, implica la gestión de mano de obra y unos costes de producción

generalmente elevados. De ahí que la mecanización, también del control del rendimiento productivo, sea un importante reto en la viticultura actual.

1.7.1. ACLAREO MECÁNICO

Para mitigar el impacto económico que implica la ejecución manual del aclareo, en los últimos años se ha intentado mecanizar esta práctica vitícola. Los primeros ensayos satisfactorios de aclareo mecánico se desarrollaron utilizando máquinas vendimiadoras en el noreste de Estados Unidos (Pool et al. 1993; Fendinger et al. 1996) y posteriormente en Australia (Clingeleffer et al. 2002; Petrie y Clingeleffer, 2006). Las condiciones de los viñedos del Nuevo Mundo (viñedos muy productivos y de elevado desarrollo vegetativo) son muy diferentes a las de los viñedos europeos. En Europa las producciones son mucho menores y las cepas, generalmente conducidas en espaldera, se podan en cordón Royat o Guyot. Ello añade nuevos retos para la aplicación del aclareo mecánico con vendimiadora.

Recientemente se ha empezado a desarrollar un ambicioso e innovador proyecto de investigación financiado por la Agencia de Desarrollo Económico de la Rioja (ADER-2006-I-ID-00157) y el Ministerio de Ciencia e Innovación (AGL2007-60378) sobre el desarrollo de nuevas técnicas mecanizadas para el control de la producción de uva. En este proyecto se enmarca el estudio de los efectos del aclareo mecánico en el control del rendimiento y la calidad de la uva en viñedos en espaldera de la D.O.Ca Rioja. Los primeros resultados a nivel mundial de aclareo mecánico en viñedos en espaldera (Tardáguila et al. 2008a) han apuntado a la posibilidad de reducción de la producción de forma satisfactoria, y con una mejoría de la calidad de la uva en concentración de azúcares, antocianos y polifenoles, con tiempos de trabajo del orden de 60-90 minutos por hectárea. En el vino, se ha observado una mejora en el grado alcohólico, la intensidad colorante y el contenido en polifenoles, así como un aumento de la astringencia en el plano sensorial (Diago et al. 2010).

En las experiencias llevadas a cabo en la Universidad de La Rioja, el desprendimiento de la uva se producía por vibración, al actuar los sacudidores sobre el tronco y no sobre la vegetación, sin daño aparente en las cepas (Figura 1.6.).



Figura 1.6. Aclareo mecánico con vendimiadora en viñedo en espaldera.

Sin embargo, la técnica requiere más experimentación y optimización de ajustes mecánicos y de velocidad de avance de la vendimiadora en función de las características del viñedo (estructura de la canopy, variedad, edad, etc...). Además, se muestra difícilmente adaptable al sistema de conducción en vaso.

Es necesario subrayar que el aclareo manual de racimos actúa reduciendo únicamente el número de racimos, o su tamaño (si se realiza un aclareo de partes de racimo), pero nunca va a tener efectos sobre la compacidad del mismo. El aclareo mecánico, sin embargo, parece mostrarse más eficaz en la obtención de racimos menos compactos,

por desprendimiento de bayas de racimo debido a la vibración de los sacudidores sobre el tronco de la cepa, y no por impacto directo (Tardáguila et al. 2008a).

1.7.2. DESHOJADO PRECOZ MECÁNICO

Con el fin de reducir la mano de obra y los costes de producción, el deshojado clásico se ejecuta mecánicamente en numerosas zonas vitícolas del mundo. En viñedos en espaldera se ha estimado un tiempo de trabajo entre 2-3 horas/ha (Tardáguila, 2009). En viñedos conducidos en vaso no es posible realizar un deshojado mecánico y la ejecución manual requiere unas 30 horas/ha. Existen, principalmente, dos tipos de deshojadoras mecánicas: a) del tipo aspiración y corte, que aspiran las hojas hasta una rejilla para cortarlas después con un sistema de cuchillas, y b) las neumáticas o de impulsión de aire, que eliminan las hojas mediante la aplicación directa de un chorro de aire a presión.

Ante los prometedores resultados preliminares de la aplicación manual del deshojado precoz, Intrieri et al. (2008) decidieron estudiar las posibilidades de mecanización. De este modo, evaluaron los efectos del deshojado precoz ejecutado manual y mecánicamente en dos estados fenológicos, antes y después de la floración, en la variedad Sangiovese. La máquina deshojadora utilizada era del tipo denominado “aspiración y corte”.

Los resultados productivos y de calidad de uva obtenidos para los tratamientos de defoliación manual coincidieron de forma mayoritaria con los resultados descritos por Poni et al. (2006), observándose un descenso significativo del cuajado y de la producción de uva por pámpano, así como la obtención de racimos de menor tamaño y compacidad. A nivel de composición de uva, el deshojado precoz provocó un aumento del contenido en azúcares, antocianos y polifenoles. Sin embargo, los tratamientos mecánicos, independientemente del estado fenológico en el que se realizaron, tuvieron un efecto mucho más discreto. El deshojado precoz mecánico provocó una reducción inferior a la obtenida manualmente, del cuajado y los principales componentes de la producción, al igual que una menor mejora de la calidad

de la uva. En el deshojado mecánico, en lo que se refiere a la disminución de la producción, los autores estimaron que aproximadamente el 50% de la misma fue fruto del resultado fisiológico de reducción de masa foliar en el período entre floración y cuajado, mientras que el otro 50% del descenso de rendimiento fue debido al corte mecánico de la parte distal del raquis, fruto del paso de la máquina deshojadora (Intrieri et al. 2008). Por otro lado, la respuesta más moderada tanto en los componentes de la producción, como en la composición de la uva, observada en los tratamientos mecánicos, se asoció a una menor eficacia en la eliminación de hojas, en comparación con el deshojado manual. La existencia de este único trabajo publicado sobre el deshojado precoz mecánico hace que sea aconsejable un estudio más profundo sobre las posibilidades de mecanización de esta técnica.

Como se ha visto, las expectativas del deshojado precoz como técnica eficaz de control de rendimiento, son muchas y muy prometedoras. Sin embargo, es fundamental profundizar en el conocimiento de esta técnica en cuanto al comportamiento de las diferentes variedades de uva, época de ejecución, intensidad de la intervención, así como ahondar en nuevas y mejores posibilidades de mecanización. Todos estos aspectos se están estudiando en la Universidad de La Rioja, dentro de un ambicioso proyecto de investigación sobre el control mecánico del rendimiento productivo de la vid, financiado por la Agencia de Desarrollo Económico de La Rioja (ADER-2006-I-ID-00157) y el Ministerio de Ciencia e Innovación (AGL2007-60378) (Figura 1.7.).

Dicho proyecto está liderado por investigadores de la Unidad de Viticultura de la Universidad de La Rioja, y en él participan la Agrupación de Bodegas Centenarias de Rioja y el grupo multinacional de maquinaria agrícola New Holland. Se plantea estudiar los efectos del deshojado precoz en variedades de gran importancia en la viticultura nacional, como Tempranillo, Graciano, Mazuelo, etc... El presente trabajo de investigación se encuadra dentro de este ambicioso proyecto sobre el control del rendimiento del viñedo.



Figura 1.7. Proyecto de investigación: Innovación en el control de la producción del viñedo. Deshojado precoz y aclareo mecánico. Financiado por el MICINN, la ADER, el grupo de bodegas ABC y la multinacional New Holland.

2. OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo de investigación se enumeran a continuación:

1. Verificar si el deshojado precoz puede ser una técnica útil para regular el rendimiento productivo de la vid (*Vitis vinifera* L.), y estudiar sus efectos en los componentes de la producción, la fertilidad y el estado sanitario de la uva en variedades de vid mediterráneas.
2. Evaluar los efectos del deshojado precoz en el desarrollo vegetativo de la cepa, la porosidad de la canopy y exposición de los racimos, así como en el equilibrio vegetativo-productivo.
3. Estudiar la influencia del deshojado precoz en la maduración, composición y propiedades organolépticas de la uva.
4. Investigar los efectos del deshojado precoz en la composición química, el color y las propiedades organolépticas del vino.
5. Investigar los efectos de la época e intensidad del deshojado precoz sobre la producción de uva, el desarrollo vegetativo y la calidad de la uva y del vino.
6. Estudiar los factores que influyen en la mecanización del deshojado precoz (tipología de deshojadora y velocidad de trabajo), como nueva tecnología utilizada en viticultura para controlar el rendimiento del viñedo y mejorar la calidad de la uva y del vino.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. VIÑEDOS EXPERIMENTALES

Los ensayos de deshojado precoz se llevaron a cabo en tres viñedos comerciales de las variedades Tempranillo, Graciano y Mazuelo (*Vitis vinifera* L.) situados dentro de la Denominación de Origen Calificada Rioja, España. A continuación se describen sus características:

3.1.1. VIÑEDO DE TEMPRANILLO (*Vitis vinifera* L.)

La parcela de la variedad de vid Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) pertenecía a un viñedo comercial situado en el término municipal de Ollauri (lat: 42° 31'N; long: 2° 49'O, 527 m), La Rioja (España). Las cepas estaban podadas en doble cordón Royat, con 12 yemas por cepa y conducidas en espaldera. El sistema de conducción consistía en un cordón bilateral a 70 cm de altura y los pámpanos se recogían entre dos alambres a 100 cm, y dos alambres móviles a 145 cm. El marco de plantación era de 2.70 m x 1.15 m, lo que equivale a una densidad de 2950 cepas/ha. Las cepas de Tempranillo, injertadas sobre portainjerto 110R se plantaron en el año 1996 siguiendo la orientación noreste-sudoeste. Las cepas no se regaron (cultivo en seco) y los pámpanos se despuntaron sólo en Julio. No se aplicó ningún tratamiento antibottrítico.

3.1.2. VIÑEDO DE GRACIANO (*Vitis vinifera* L.)

La parcela de la variedad de vid Graciano (*Vitis vinifera* L.) pertenecía a un viñedo comercial situado en el término municipal de Ollauri (lat: 42° 31'N; long: 2° 49'O, 527

m), La Rioja (España). Las cepas estaban podadas en doble cordón Royat, con 12 yemas por cepa y conducidas en espaldera. El sistema de conducción consistía en un cordón bilateral a 70 cm de altura y los pámpanos se recogían entre dos alambres a 100 cm, y dos alambres móviles a 145 cm. El marco de plantación era de 2.70 m x 1.15 m, lo que equivale a una densidad de 2950 cepas/ha. Las cepas de Graciano, injertadas sobre portainjerto 110R se plantaron en el año 1995 siguiendo la orientación noreste-sudoeste. Las cepas no se regaron (cultivo en secano) y los pámpanos se despuntaron sólo en Julio. No se aplicó ningún tratamiento antibotrófico.

3.1.3. VIÑEDO DE MAZUELO (*Vitis vinifera* L.)

La parcela de la variedad de vid Mazuelo (*Vitis vinifera* L.) pertenecía a un viñedo comercial situado en el término municipal de Hormilla (lat: 42° 27'N; long: 2° 47'O, 588 m), La Rioja (España). Las cepas estaban podadas en doble cordón Royat, con 12 yemas por cepa y conducidas en espaldera. La espaldera estaba formada por postes de madera en los extremos y metálicos en el interior. La altura de la vegetación estaba sostenida por un par de hilos flexibles de poliéster (Deltex™, Perigord, Francia) regulables a dos alturas, de 1.1 m y 1.7 m respectivamente, desde el suelo. El marco de plantación era de 2.60 m x 1.10 m, lo que equivale a una densidad de 3500 cepas/ha. Las cepas, injertadas sobre portainjerto 110R, se plantaron en el año 2000 siguiendo la orientación noreste-sudoeste. Las cepas no se regaron (cultivo en secano) y los pámpanos se despuntaron sólo en Julio. No se aplicó ningún tratamiento antibotrófico.

3.2. CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS DE LOS VIÑEDOS

3.2.1. VIÑEDO DE TEMPRANILLO (*Vitis vinifera* L.)

La caracterización del suelo del viñedo se realizó a partir de tres muestras de suelo tomadas en tres puntos de la parcela. En los tres puntos de muestreo se desecharon los primeros 20 cm de suelo. Las muestras de suelo recogidas tenían un espesor de 20 cm. Las tres muestras recogidas se homogenizaron en una única muestra final. El límite

superior del horizonte para la muestra "Suelo" fueron los 20 cm de suelo y su límite inferior los 40 cm. En el caso del "Subsuelo" las muestras se recogieron a una profundidad de entre 40 y 60 cm de la superficie del suelo. Las principales características edáficas, así como el análisis químico del suelo se recogen en la tabla 3.1. La textura dominante en el viñedo de Tempranillo era la franco-arcillosa. El porcentaje de carbonatos era muy alto (>40 %) en los dos horizontes, con un pH que oscilaba entre 8-8.5. El contenido de materia orgánica era bajo (inferior al 1 %).

3.2.2. VIÑEDO DE GRACIANO (*Vitis vinifera* L.)

Las muestras de suelo fueron recogidas en tres puntos de la parcela. En todos los puntos de muestreo se desecharon los primeros 20 cm de suelo. Las muestras de suelo recogidas tenían un espesor de 20 cm. Las tres muestras recogidas se homogenizaron en una única muestra final. El límite superior del horizonte para la muestra "Suelo" fueron los 20 cm de suelo y su límite inferior los 40 cm. En el caso del "Subsuelo" las muestras se recogieron a una profundidad de entre 40 y 60 cm de la superficie del suelo. Las principales características edáficas, así como el análisis químico del suelo se recogen en la tabla 3.1. El porcentaje de carbonatos era medio (25-30 %) en los dos horizontes. El contenido de materia orgánica se situaba alrededor del 1 %.

3.2.3. VIÑEDO DE MAZUELO (*Vitis vinifera* L.)

Las muestras de suelo fueron recogidas en tres puntos de la parcela. En todos los puntos de muestreo se desecharon los primeros 20 cm de suelo. Las muestras de suelo recogidas tenían un espesor de 20 cm. Las tres muestras recogidas se homogenizaron en una única muestra final. El límite superior del horizonte para la muestra "Suelo" fueron los 20 cm de suelo y su límite inferior los 40 cm. En el caso del "Subsuelo" las muestras se recogieron a una profundidad de entre 40 y 60 cm de la superficie del suelo. Las principales características edáficas, así como el análisis químico del suelo se recogen en la tabla 3.1. La textura era franco-limosa, el contenido de carbonatos medio (10-20 %) y el contenido de materia orgánica era muy bajo.

Tabla 3.1. Características edáficas de las parcelas de viñedo de Tempranillo, Graciano (Ollauri, La Rioja) y Mazuelo (Hormilla, La Rioja).

Parámetros	Muestras de suelo					
	Tempranillo		Graciano		Mazuelo	
Textura	Suelo (20-40 cm)	Subsuelo (40-60 cm)	Suelo (20-40 cm)	Subsuelo (40-60 cm)	Suelo (20-40 cm)	Subsuelo (40-60 cm)
Arena (% , USDA)	25.6	25.9	29.7	29.4	27.3	23.8
Limo (% , USDA)	49.2	49.2	46.1	46.6	53.9	52.0
Arcilla (% , USDA)	25.2	24.9	24.1	23.9	20.0	22.9
Clase textural (USDA)	Franco-arcillosa	Franco-arcillosa	Franco-arcillosa	Franco-arcillosa	Franco-limosa	Franco-limosa
Análisis químico						
Carbonatos (%)	41.0	42.9	27.3	27.9	20.0	18.5
Caliza activa (%)	12.3	12.5	8.8	8.8	5.2	4.8
Materia orgánica (%)	0.94	0.85	1.14	1.06	0.53	0.46
pH H ₂ O (1:5)	8.4	8.5	8.4	8.4	8.2	8.3
CE (mmhos/cm) (25 °C, 1:5)	0.19	0.20	0.19	0.21	0.20	0.42
Capacidad total de cambio (meq/100 g)	13.3	12.3	15.8	15.8	12.1	15.1
Calcio asimilable (meq/100g)	13.1	12.9	14.9	14.5	16.9	20.1
Magnesio asimilable (meq/100g)	1.97	1.94	2.07	2.10	1.47	2.06
Sodio asimilable (meq/100g)	0.10	0.15	0.07	0.11	0.03	0.06
Potasio asimilable (meq/100g)	0.44	0.44	0.59	0.51	0.33	0.33

3.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Los ensayos de deshojado precoz se desarrollaron durante los años 2007 y 2008 en la variedad Tempranillo, y durante los años 2008 y 2009 en las variedades Graciano y Mazuelo. La caracterización del clima durante estos tres años de experimentación se ha llevado a cabo a partir de los datos climáticos recogidos por la estación agroclimática del Gobierno de La Rioja, situada en la localidad de Casalarreina (Tabla 3.2). Esta estación meteorológica, muy cercana a los viñedos experimentales, registraba datos de temperatura, precipitación, radiación global, humedad relativa y velocidad del viento. Solamente se han incluido en la Tabla 3.2 los datos meteorológicos correspondientes a la estación vegetativa, desde el 1 de Abril hasta el 30 de Octubre, para cada año de estudio.

Las principales diferencias climáticas registradas a lo largo de estos tres años se centraron en la precipitación y en la radiación acumulada durante toda la estación vegetativa, así como en su distribución temporal en los distintos meses. Durante los meses de mayo y junio del año 2008 se registraron precipitaciones sensiblemente mayores a las recogidas en los años 2007 y 2009. De forma paralela, la radiación solar acumulada durante estos dos meses fue notablemente mayor en los años 2007 y 2009 que en el año 2008. Teniendo en cuenta toda la estación vegetativa, se puede afirmar que el año 2009 fue el más seco de las tres campañas estudiadas, con parámetros climáticos más similares a los del año 2007, mientras que el año 2008 se caracterizó por ser un año más húmedo y fresco.

Tabla 3.2. Parámetros agroclimáticos durante la estación vegetativa (1 abril-30 octubre) durante los años 2007, 2008 y 2009, en la estación agroclimática de Casalarreina (lat: 42° 32'N; long: 2° 54'O, 510 m), La Rioja.

Año	Parámetro	Mes							Estación vegetativa			
		Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Media	Máx.	Mín.	Acum.
2007	Humedad relativa aire (%)	74	70	66	56	59	65	74	66.3	91.0	7.0	---
	Precipitación acumulada (l/m ²)	63	83.8	21.6	2.4	14	10.8	55	---	---	---	250.6
	Radiación global (MJ/m ²)	502.4	612	669.9	771.8	606.2	496.7	320.7	---	---	---	3997.7
	Temperatura aire (°C)	10.9	13.3	16.7	19.1	18.5	15.4	11.7	15.1	36.4	-1.7	---
	Temperatura suelo (°C)	12.6	15.6	19.6	23.9	23.2	19.9	13.9	18.4	29.6	5.9	---
	Velocidad viento (Km/h)	6.8	7.2	5.8	9	9.4	7.9	6.1	7.5	58.7	---	---
2008	Humedad relativa aire (%)	68	73	70	61	62	64	71	67.0	90.0	12.0	---
	Precipitación acumulada (l/m ²)	52.6	170.4	80.9	21	25	17	81.2	---	---	---	448.1
	Radiación global (MJ/m ²)	568.3	547.7	659.5	755.6	678.1	474.7	309.7	---	---	---	3993.6
	Temperatura aire (°C)	10	13.1	16.2	18.6	19	15.3	11.2	14.7	33.7	-2	---
	Temperatura suelo (°C)	12.1	16.2	18.4	21.3	22.3	19	13.8	17.6	26.9	8.4	---
	Velocidad viento (Km/h)	9.7	6.5	6.5	7.6	7.9	7.6	7.2	7.6	63.0	---	---
2009	Humedad relativa aire (%)	74	72	68	63	68	74	75	70.6	99.0	11.0	---
	Precipitación acumulada (l/m ²)	38	29.8	37.6	1.8	6.2	43.8	25.6	---	---	---	182.8
	Radiación global (MJ/m ²)	496.6	704.1	743.7	821.3	641.2	463.6	496.6	---	---	---	4198.7
	Temperatura aire (°C)	9.4	14.8	18.7	20.3	20.3	16.6	13.4	16.2	36.0	-3.2	---
	Temperatura suelo (°C)	11	16.8	21.9	25.9	25.4	20.5	15.3	19.6	29.3	7.5	---
	Velocidad viento (Km/h)	8.6	7.6	7.2	9.7	8.6	7.2	7.6	8.1	55.1	---	---

3.4. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Para las tres variedades, los ensayos de deshojado se realizaron durante dos años consecutivos siguiendo un diseño experimental de bloques al azar con cinco repeticiones por tratamiento, y un tamaño de la parcela experimental de 18 cepas por repetición. Se marcaron 25 cepas correspondientes a cada tratamiento (5 repeticiones x 5 cepas por repetición), y se señaló un pámpano antes de la floración, que serviría de unidad muestral por cepa para la determinación de los parámetros vegetativos, productivos y cualitativos.

La elección de los tratamientos de deshojado se realizó con el fin de evaluar la influencia de distintos factores: Época, modo e intensidad de ejecución, tipo de deshojadora mecánica y velocidad de deshojado mecánico. De este modo, los niveles de cada uno de los factores a estudio fueron los siguientes:

- **Época:** Se estudiaron dos épocas o estados fenológicos: pre-floración, (estado fenológico anterior a la apertura del 5% de las flores, estado 19, según Coombe, 1995), y cuajado, (definido como el estado 27, según Coombe, 1995) (Figura 3.1).
- **Modo de ejecución:** Se comparó el deshojado manual frente al deshojado mecánico, realizado con una máquina deshojadora de impulsión de aire.
- **Intensidad de deshojado manual:** Dentro del modo de ejecución manual se estudiaron dos intensidades de deshojado distintas: 4 y 8 hojas.

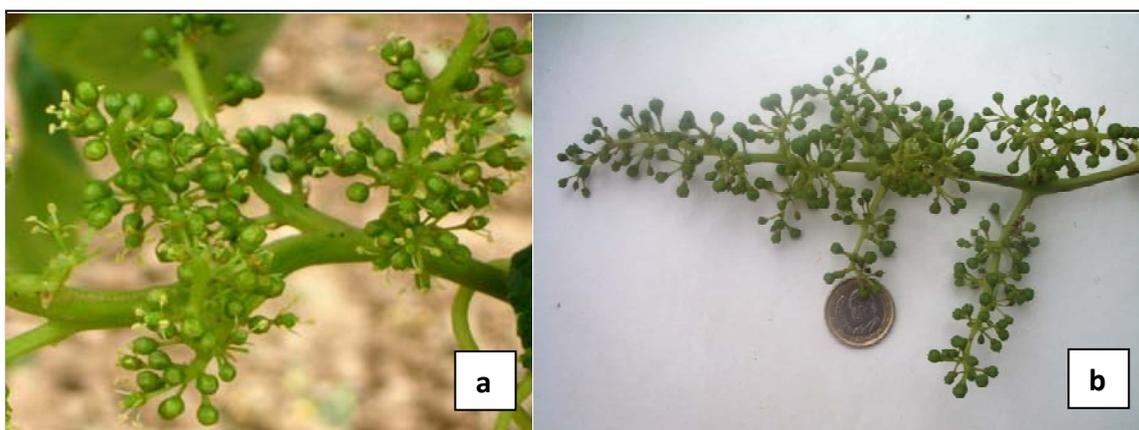


Figura 3.1. (a) Estado fenológico de pre-floración, anterior a la apertura del 5% de las flores (estado 19, según Coombe, 1995); (b) Estado fenológico de cuajado (estado 27, según Coombe, 1995).

Por otro lado, dada la importancia de la variedad Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) en la vitivinicultura española y riojana, se incrementó el número de tratamientos de en esta variedad para estudiar la influencia de un mayor número de variables. De este modo se estudiaron los siguientes factores adicionales:

- **Tipo de deshojadora:** Se comparó la máquina deshojadora de impulsión de aire (Collard, Francia) con sendas máquinas deshojadoras que funcionan por aspiración y corte de la hoja (Tordable y Pellenc, Francia), en la variedad Tempranillo.
- **Velocidad de deshojado mecánico:** Se estudiaron tres velocidades de trabajo (0.5 km/h, 2 km/h y 3 km/h) distintas de la máquina deshojadora de impulsión de aire Collard, en la variedad Tempranillo.

En los años 2008 y 2009 se incluyó también un tratamiento de aclareo manual de racimos, para establecer la comparación entre esta técnica clásica utilizada para el control de la producción de uva, y los diferentes tratamientos de deshojado precoz, en las tres variedades. En la Tabla 3.3 se resumen todos los tratamientos realizados.

Tabla 3.3. Descripción de los tratamientos realizados en las variedades Tempranillo, Graciano y Mazuelo a lo largo de los dos años de experimentación.

Tratamiento	Descripción
Control	No se realizó defoliación alguna, ni tampoco aclareo de racimos.
Man-PreF 4 hjs	Deshojado manual de 4 hojas por pámpano en pre-floración (estado fenológico anterior a la apertura del 5% de las flores; estado 19, según Coombe, 1995) (Figura 3.1a).
Man-PreF 8 hjs	Deshojado manual de 8 hojas por pámpano en pre-floración (estado fenológico anterior a la apertura del 5% de las flores; estado 19, según Coombe, 1995) (Figura 3.1a).
Man-Cua 4 hjs	Deshojado manual de 4 hojas por pámpano en cuajado (estado fenológico 27, según Coombe, 1995) (Figura 3.1b).
Man-Cua 8 hjs	Deshojado manual de 8 hojas por pámpano en cuajado (estado fenológico 27, según Coombe, 1995) (Figura 3.1b).
Mec-PreF Collard 0.5	Deshojado mecánico con deshojadora Collard® en pre-floración (estado fenológico anterior a la apertura del 5% de las flores; estado 19, según Coombe, 1995) (Figura 3.1a). Velocidad de trabajo de la deshojadora: 0.5 km/h.
Mec-Cua Collard 0.5	Deshojado mecánico con deshojadora Collard® en cuajado (estado fenológico 27, según Coombe, 1995) (Figura 3.1b). Velocidad de trabajo de la deshojadora: 0.5 km/h.
Mec-PreF Pellenc 0.5	Deshojado mecánico con deshojadora Pellenc® en pre-floración (estado fenológico anterior a la apertura del 5% de las flores; estado 19, según Coombe, 1995) (Figura 3.1a). Velocidad de trabajo de la deshojadora: 0.5 km/h.
Mec-PreF Tordable 0.5	Deshojado mecánico con deshojadora Tordable® en pre-floración (estado fenológico anterior a la apertura del 5% de las flores; estado 19, según Coombe, 1995) (Figura 3.1a). Velocidad de trabajo de la deshojadora: 0.5 km/h.
Mec-PreF Collard 2	Deshojado mecánico con deshojadora Collard® en pre-floración (estado fenológico anterior a la apertura del 5% de las flores; estado 19, según Coombe, 1995) (Figura 3.1a). Velocidad de trabajo de la deshojadora: 2 km/h.
Mec-PreF Collard 3	Deshojado mecánico con deshojadora Collard® en pre-floración (estado fenológico anterior a la apertura del 5% de las flores; estado 19, según Coombe, 1995) (Figura 3.1a). Velocidad de trabajo de la deshojadora: 3 km/h.
Acla-Man	Aclareo manual de racimos. Eliminación del segundo racimo por pámpano en pre-envero. En los pámpanos con 1 racimo solamente no se eliminó ninguno. No se realizó defoliación alguna.

A continuación se resumen los tratamientos estudiados para cada variedad en los dos años de estudio.

A. TEMPRANILLO

Los ensayos de deshojado precoz en la variedad Tempranillo se llevaron a cabo durante los años 2007 y 2008. En el año 2007 el plan experimental englobó ocho tratamientos de deshojado distintos, mientras que en el año 2008 el número de tratamientos estudiados fue once (Tabla 3.4).

Tabla 3.4. Resumen de los tratamientos realizados en la variedad Tempranillo, durante los años 2007 y 2008.

Tratamientos en la variedad Tempranillo	
Año 2007	Año 2008
Control	Control
Man-PreF 4 hjs	Man-PreF 4 hjs
Man-PreF 8 hjs	Man-PreF 8 hjs
Man-Cua 4 hjs	Man-Cua 4 hjs
Man-Cua 8 hjs	Man-Cua 8 hjs
Mec-PreF Collard 0.5	Mec-PreF Collard 0.5
Mec-Cua Collard 0.5	Mec-Cua Collard 0.5
Mec-PreF Pellenc 0.5	Mec-PreF Tordable 0.5
-----	Mec-PreF Collard 2
-----	Mec-PreF Collard 3
-----	Acla-Man

B. GRACIANO

Los ensayos de deshojado precoz en la variedad Graciano se llevaron a cabo durante los años 2008 y 2009. En el año 2008 el plan experimental englobó cuatro tratamientos diferentes, mientras que en el año 2009 el número de tratamientos estudiado fue seis (Tabla 3.5).

Tabla 3.5. Resumen de los tratamientos realizados en la variedad Graciano, durante los años 2008 y 2009.

Tratamientos en la variedad Graciano	
Año 2008	Año 2009
Control	Control
Man-PreF 8 hjs	Man-PreF 8 hjs
Man-Cua 8 hjs	Man-Cua 8 hjs
Mec-PreF Collard 0.5	Mec-PreF Collard 0.5
-----	Mec-Cua Collard 0.5
-----	Acla-Man

C. MAZUELO

Los ensayos de deshojado precoz en la variedad Mazuelo se llevaron a cabo durante los años 2008 y 2009. En el año 2008 el plan experimental englobó cinco tratamientos diferentes, mientras que en el año 2009 el número de tratamientos estudiado fue seis (Tabla 3.6).

Tabla 3.6. Resumen de los tratamientos realizados en la variedad Mazuelo, durante los años 2008 y 2009.

Tratamientos en la variedad Mazuelo	
Año 2008	Año 2009
Control	Control
Man-PreF 8 hjs	Man-PreF 8 hjs
Man-Cua 8 hjs	Man-Cua 8 hjs
Mec-PreF Collard 0.5	Mec-PreF Collard 0.5
-----	Mec-Cua Collard 0.5
Acla-Man	Acla-Man

3.5. EJECUCIÓN DEL DESHOJADO PRECOZ

3.5.1. DESHOJADO MANUAL

El deshojado manual consistió en la eliminación de las primeras cuatro u ocho hojas basales, según la intensidad de cada tratamiento, de cada pámpano de la cepa, pero en ningún caso se eliminaron los nietos (Figura 3.2).



Figura 3.2. Deshojado precoz manual. Tratamientos de control, sin deshojar, (izquierda) y deshojado manual de 8 hojas en pre-floración (derecha).

3.5.2. DESHOJADO MECÁNICO

Para la ejecución del deshojado mecánico se utilizaron tres máquinas deshojadoras diferentes, denominadas según la marca comercial correspondiente: Collard®,

Pellenc® y Tordable®. En todos los casos el deshojado mecánico se realizó en dos pases por fila, una por cada lado de la pared vegetativa de la espaldera.

La deshojadora **Collard®** (Collard, Francia) es una máquina de impulsión de aire, que emite aire a presión de forma intermitente, capaz de romper los limbos de las hojas (Figura 3.3).

Se deshojó los primeros 60 cm de la zona basal de la pared vegetativa de la espaldera (zona productiva). Se utilizó una unidad deshojadora (modelo E2200F) arrastrada por un tractor convencional (VL3, New Holland, Italia). La deshojadora estaba equipada con dos cabezales laterales, pero en este estudio sólo se utilizó uno, con el fin de realizar un deshojado más preciso y fiable (Figura 3.3). El aire generado por el compresor se emitía a presión por cuatro boquillas separadas un ángulo de 90°, situadas en el cabezal lateral.

El deshojado mecánico con la deshojadora de impulsión de aire Collard® se estudió a tres velocidades de trabajo: 0.5 km/h, 2 km/h y 3 km/h.

La Figura 3.4 muestra detalles de cepas de Tempranillo tras el deshojado mecánico con la deshojadora Collard® a 0.5 km/h.

La deshojadora **Pellenc®** (Pellenc, Francia) es una máquina que funciona mediante aspiración y corte de las hojas. Se deshojó los primeros 60 cm de la zona basal de la pared vegetativa de la espaldera (zona productiva). La deshojadora, estaba montada sobre una máquina polivalente Pellenc, e iba equipada con dos tambores dotados de una malla metálica exterior flexible, capaz de adaptarse a la pared vegetativa por ambos lados (Figura 3.5). La aspiración y rotación de los tambores laterales y el movimiento de la barra de corte provocaba el corte de las hojas. La velocidad de trabajo fue de 0.5 km/h.



Figura 3.3. Deshojadora de impulsión de aire Collard®, (Collard, Francia) utilizada en los tratamientos de deshojado. **(a)** vista posterior; **(b)** vista lateral; **(c)** detalle del cabezal lateral con dos boquillas visibles.

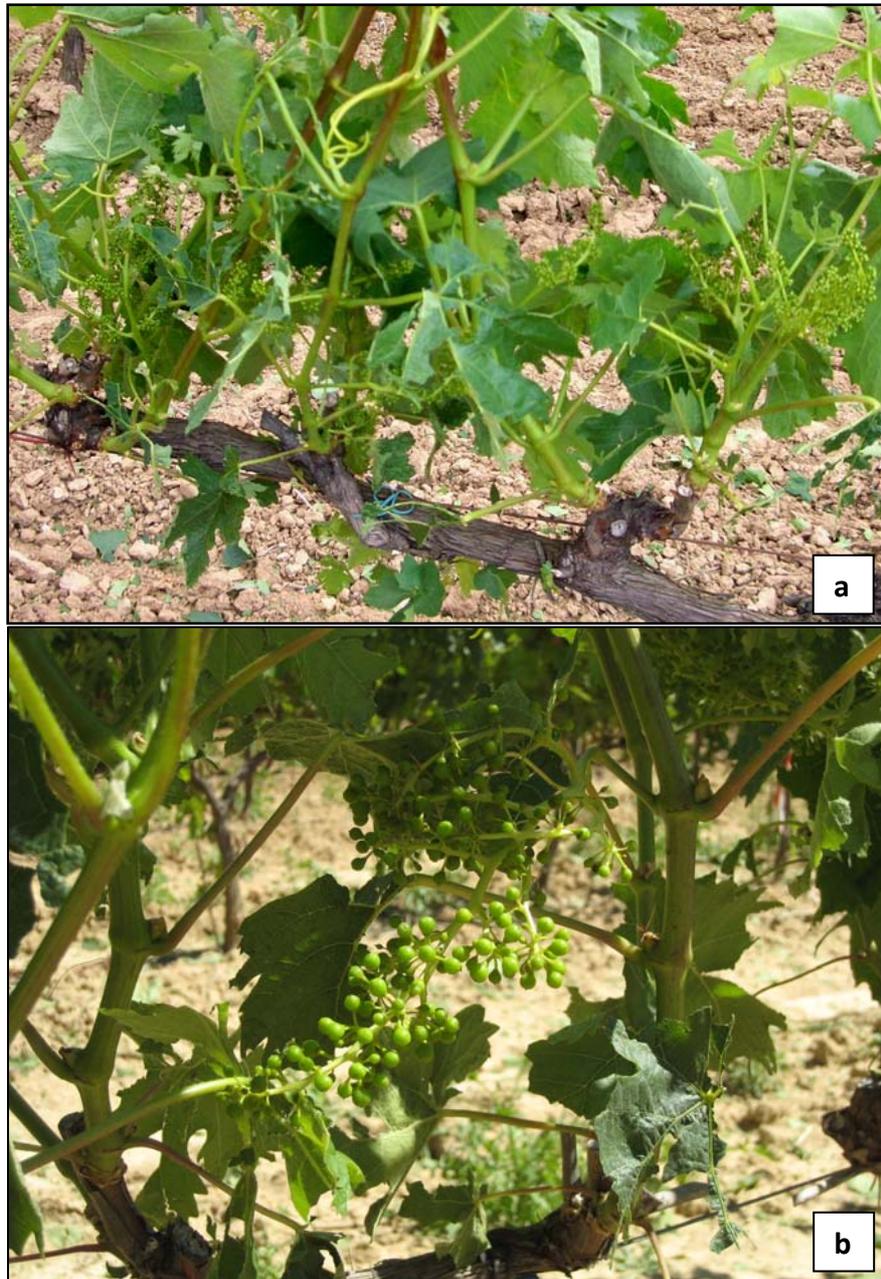


Figura 3.4. Cepas de Tempranillo después de realizar el deshojado mecánico en: **(a)** pre-floración y **(b)** cuajado. En ambas fotografías se observan los limbos de las hojas basales parcialmente rotos por efecto de la deshojadora de impulsión de aire Collard®.



Figura 3.5. Deshojadora de aspiración y corte Pellenc® (Pellenc, Francia). **(a)** Vista general; **(b)** Detalle de los tambores rotatorios.

La deshojadora **Tordable**[®] (Tordable, Francia) es una máquina deshojadora cuyo principio de funcionamiento también se basa en la aspiración y corte de las hojas. Se deshojó los primeros 60 cm de la zona basal de la pared vegetativa de la espaldera (zona productiva). Se utilizó una máquina deshojadora, arrastrada por un tractor convencional (VL3, New Holland, Italia), que estaba equipada con dos cabezales laterales de aluminio dotados de una turbina de succión, una barra de corte y un sensor palpador, que se ajustan a la pared vegetativa y que guían el movimiento del cabezal en su conjunto (Figura 3.6). En este estudio solamente se utilizó uno de los cabezales (derecho), con el fin de obtener más precisión y fiabilidad. El deshojado se realizó por ambos lados de la pared vegetativa, a una velocidad de trabajo de 0.5 km/h.

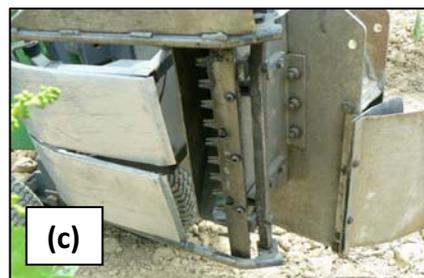


Figura 3.6. Deshojadora de aspiración y corte Tordable®, (Tordable, Francia) utilizada en los tratamientos de deshojado. **(a)** vista posterior; **(b)** vista lateral; **(c)** detalle del cabezal lateral.

3.6. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS AGRONÓMICOS

3.6.1. SUPERFICIE FOLIAR PRINCIPAL, SECUNDARIA Y TOTAL

La determinación de la superficie foliar se llevó a cabo en los 25 pámpanos marcados por tratamiento, siguiendo dos métodos distintos: el método de Smart y Robinson (1991), y mediante un medidor de área foliar. De este modo, la superficie foliar para los diferentes tratamientos en Tempranillo en los años 2007 y 2008, así como en Graciano y Mazuelo en el año 2008, se estimaron siguiendo el método de Smart y Robinson (1991). La superficie foliar en las variedades Graciano y Mazuelo en el año 2009 se determinó a partir de los datos obtenidos con un medidor de área foliar.

Método de Smart y Robinson (1991)

En vendimia, para determinar la superficie foliar total en cada uno de los 25 pámpanos marcados por tratamiento, se pesaron en el viñedo, de forma separada las hojas principales y secundarias, utilizando una balanza doméstica de 1 gramo de precisión (Bosch, modelo Mkw 0120). Posteriormente se comparó el peso fresco de 100 discos de hoja de área conocida con el peso de 100 hojas principales, y 100 discos de hoja secundaria, de área conocida, con el peso de 100 hojas de nietos. En ningún caso se tuvo en cuenta el peso de los pecíolos en la estimación. Ello permitió determinar para cada variedad y tipo de hoja (principal y secundaria) la superficie foliar. La estimación de la superficie foliar total por pámpano se llevó a cabo por suma de la superficie foliar principal y secundaria por pámpano.

Superficie foliar mediante un medidor de área foliar

Para la determinación del área foliar se utilizó un medidor de área foliar (modelo WinDias 3, Delta-T, Cambridge; Reino Unido) que incorpora un dispositivo de captación

de imagen (cámara) y un software informático capaz de procesar los principales parámetros de la morfología de la hoja.

Para las variedades Graciano y Mazuelo, se tomaron 20 pámpanos representativos dos semanas antes de la vendimia en cada uno de los dos viñedos estudiados. En cada pámpano se determinó la longitud principal del mismo, el número de nietos y la longitud total de los nietos. Además, se seleccionaron tres hojas principales de tamaño pequeño, medio y grande, y tres hojas secundarias de tamaño pequeño, medio y grande. De cada una de las tres hojas principales y secundarias seleccionadas por pámpano se midió el área total de la hoja y la longitud del nervio principal, utilizando el medidor de área foliar. Por último, se midió el área foliar del resto de hojas principales y secundarias del pámpano. El proceso se repitió para los 20 pámpanos por variedad.

A partir de los datos obtenidos mediante el medidor de área foliar se calcularon los siguientes parámetros:

- Superficie de 1 hoja principal: A partir de la correlación entre el área foliar de 1 hojas y la longitud del nervio principal de esa hoja (Figura 3.7).
- Superficie foliar secundaria por pámpano: A partir de la correlación entre el área foliar secundaria y la longitud total de los nietos de un pámpano (Figura 3.8).

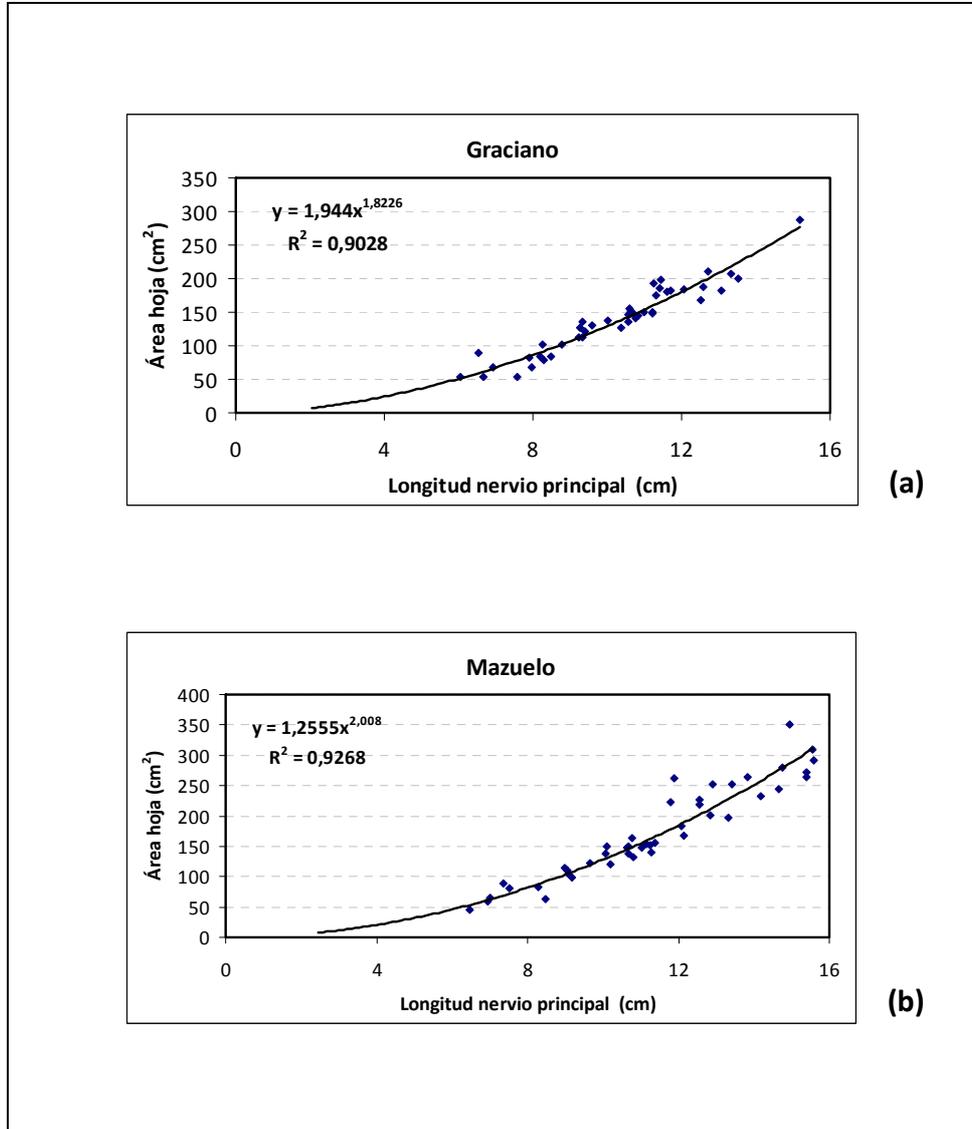


Figura 3.7. Curvas de correlación entre el área foliar de la hoja y la longitud del nervio principal, para hojas principales de (a) Graciano y (b) Mazuelo.

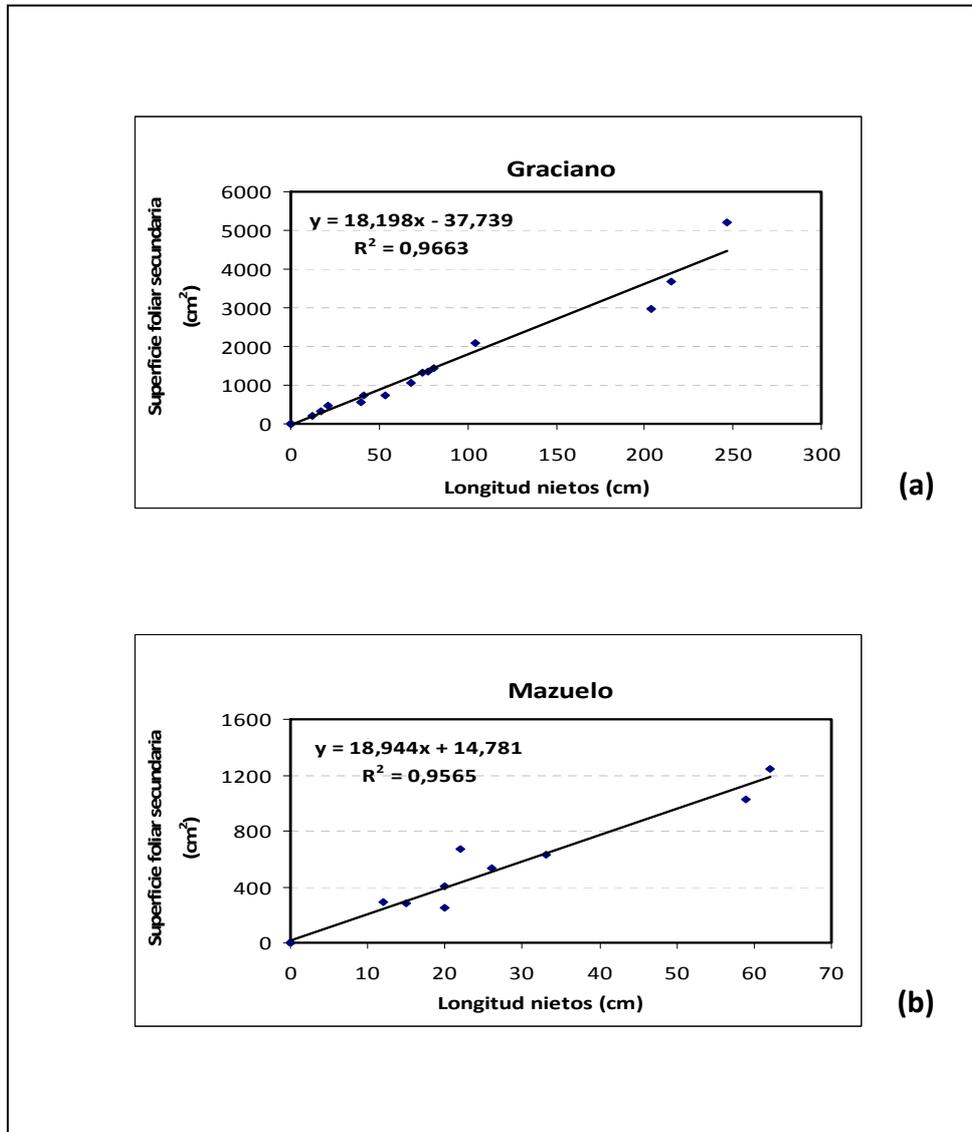


Figura 3.8. Curvas de correlación entre la superficie foliar secundaria por pámpano y la longitud total de los nietos de **(a)** Graciano y **(b)** Mazuelo.

En vendimia, para los 25 pámpanos marcados por tratamiento se midió la longitud del nervio principal de las hojas principales del pámpano, correspondientes a los nudos en posición par (50% de las hojas). Posteriormente, a partir de las correlaciones entre el área de la hoja principal y la longitud del nervio principal (Figura 3.7) se determinó la superficie foliar principal del conjunto de hojas principales medidas. La superficie foliar principal del pámpano se calculó multiplicando por dos el valor de la superficie foliar principal medida (para incluir las hojas correspondientes a las posiciones impares, no medidas en campo). En el caso de las hojas principales correspondientes a tratamientos de deshojado mecánico, en las que se eliminaron parte de los limbos solamente, se realizó una estimación visual del porcentaje de limbo que permaneció en la hoja. Dicha estimación se realizó para todas las hojas que presentaban limbos incompletos. Posteriormente se utilizó el valor promedio del área de hoja correspondiente a hojas principales entre las posiciones 1-6 para determinar la superficie foliar principal de las hojas con limbos incompletos en los tratamientos mecánicos. Por otro lado, para los 25 pámpanos marcados por tratamiento se midió la longitud de los nietos, y dicho valor sirvió para calcular la superficie foliar secundaria por pámpano a partir de las curvas de correlación de la Figura 3.8. La superficie foliar total por pámpano se calculó como suma de las superficies foliares principal y secundaria.

Superficie foliar eliminada

En el año 2009 se estimó también la superficie foliar eliminada en las variedades Graciano y Mazuelo. En los deshojados manuales, para cada pámpano marcado, se pesaron las 8 hojas principales eliminadas con una balanza doméstica de 1 gramo de precisión (Bosch, modelo Mkw 0120). En los tratamientos mecánicos, de las cepas no marcadas, se seleccionaron 5 cepas por repetición, y en cada una, dos pámpanos representativos. De los dos pámpanos seleccionados por cepa, uno de ellos se deshojó completamente, respetando los nietos, y se pesó la superficie foliar principal total del pámpano. Tras la ejecución del deshojado mecánico, del segundo pámpano seleccionado por cepa se eliminaron las hojas y/o restos de hojas principales que aún

permanecían en el mismo y se pesaron. La diferencia entre los pesos de hojas principales anterior y posterior al deshojado mecánico se relacionó con la superficie foliar principal eliminada. La conversión del peso de hojas (g) a valores de superficie foliar (cm^2) se llevó a cabo siguiendo el método de Smart y Robinson (1991) descrito anteriormente.

3.6.2. POROSIDAD DE LA CANOPY Y EXPOSICIÓN DE LOS RACIMOS

Para determinar la porosidad de la canopy y exposición de los racimos en los diferentes tratamientos de deshojado se desarrolló una nueva técnica de imagen digital basada en la metodología propuesta por Dunn y Martin (2004).

Siguiendo esta nueva metodología desarrollada en nuestro grupo de investigación, una semana antes de la fecha de vendimia se fotografiaron las 25 cepas marcadas por tratamiento entre las 7:00 y las 9:00 de la mañana, para minimizar al máximo diferencias de iluminación y evitar en lo posible la aparición de sombras. Delante de cada cepa se suspendió un marco de madera de dimensiones 115 x 70 cm (ancho x alto) de modo que la base del marco se situara aproximadamente a unos 70 cm del suelo, en la base de los dos brazos de la cepa, quedando enmarcada la pared vegetativa de la cepa, incluyendo la zona fructífera (Figura 3.9).

Asimismo se colocó una pantalla blanca detrás de la cepa a fotografiar para determinar mejor los huecos y porosidad de la vegetación y evitar artefactos en la imagen debidos a la vegetación de las filas de cepas contiguas. Para eliminar completamente las sombras producidas por la iluminación natural se utilizó una pantalla de “papel cebolla” que provocaba un efecto difusor de la luz. Una vez ajustadas las condiciones experimentales en cada cepa, se tomaron las fotografías utilizando una cámara digital (Canon EOS 1D Mark 2, Japón) montada en un trípode, situada perpendicularmente a la vegetación a 2 metros de distancia y a una altura de 1.05 m del suelo. Terminada la captura, las fotografías se descargaron en un ordenador y se editaron digitalmente

para incluir solamente la parte correspondiente a los 115 cm x 70 cm de pared vegetativa enmarcada, utilizando XnView, v. 1.96.



Figura 3.9. Imagen digital de una cepa de Tempranillo tomada una semana antes de la vendimia para la determinación de la porosidad de la canopy y la exposición de los racimos (tratamiento deshojado manual de 8 hojas en pre-floración).

Posteriormente las imágenes fueron analizadas con el software de análisis digital de imágenes Envi 4.3 (Boulder, EEUU). Se establecieron y se ajustaron de forma personalizada los umbrales y tolerancias de los colores rojo, verde y azul hasta generar cuatro clases de tonalidad diferentes, que se asignaron a: racimos, hojas verdes, hojas amarillas-secas y porosidad. Mediante el software se contó el número de píxeles de cada clase. A partir de estos datos se calcularon los porcentajes de racimos, hojas verdes, hojas amarillas-secas y porosidad de la canopy. Por último, para eliminar la influencia de las diferencias de producción de uva en el porcentaje de racimos expuestos, se calculó el parámetro $\text{píxeles de racimos} / \text{producción de uva}$, mediante división de ambas variables.

3.6.3. FERTILIDAD

La fertilidad de las tres variedades estudiadas se determinó a partir de tres parámetros: número de racimos por pámpano marcado, número de racimos por cepa y número de flores por inflorescencia basal de cada pámpano marcado. El recuento del número de racimos por pámpano marcado y por cepa se realizó en el momento de la vendimia. El recuento del número de flores por inflorescencia se llevó a cabo a partir de fotografías digitales de las inflorescencias basales contra un fondo negro, tomadas con anterioridad a la realización del deshojado, en estado fenológico 17 (Coombe, 1995) (Figura 3.10). En el apartado 3.6.4 se describe completamente la metodología aplicada para este recuento de flores, que se basó en el método propuesto por Poni et al. (2006).

3.6.4. TASA DE CUAJADO

La tasa de cuajado de las tres variedades estudiadas se estimó siguiendo el método descrito por Poni et al. (2006). Siguiendo esta metodología, con anterioridad a la realización del deshojado, en estado fenológico 17 (Coombe, 1995), se tomaron fotografías (Canon EOS 1D Mark 2, Japón) contra un fondo negro de la inflorescencia basal para todos y cada uno de 25 los pámpanos marcados por tratamiento (Figura 3.10).

Además, dichas fotografías se repitieron posteriormente, solamente para los tratamientos mecánicos, tras la ejecución del deshojado mecánico precoz, para evaluar la presencia de daños o rotura de partes de inflorescencia debidas a la acción de la deshojadora mecánica.

Por otro lado, de cada variedad a estudio se recogieron 30 inflorescencias basales de cepas no marcadas del mismo viñedo experimental, se fotografiaron separadamente y se contó el número total de botones florales en cada una de las imágenes fotográficas tomadas de estas 30 inflorescencias. Además, se realizó un conteo directo de los botones florales de cada una de estas inflorescencias.



Figura 3.10. Inflorescencia basal de Tempranillo, de uno de los pámpanos marcados fotografiada antes de la floración.

A partir del número de botones florales determinados en cada fotografía y por recuento directo sobre la inflorescencia real, se estableció una curva de calibración para cada variedad (Figura 3.11).

Estas curvas permitieron estimar posteriormente el número total de botones florales a partir de las fotografías de las inflorescencias de los pámpanos marcados. La relación entre el número de bayas del racimo basal, determinado en el momento de vendimia, y el número de botones florales, estimados a partir de la fotografía, permitió obtener la tasa de cuajado.

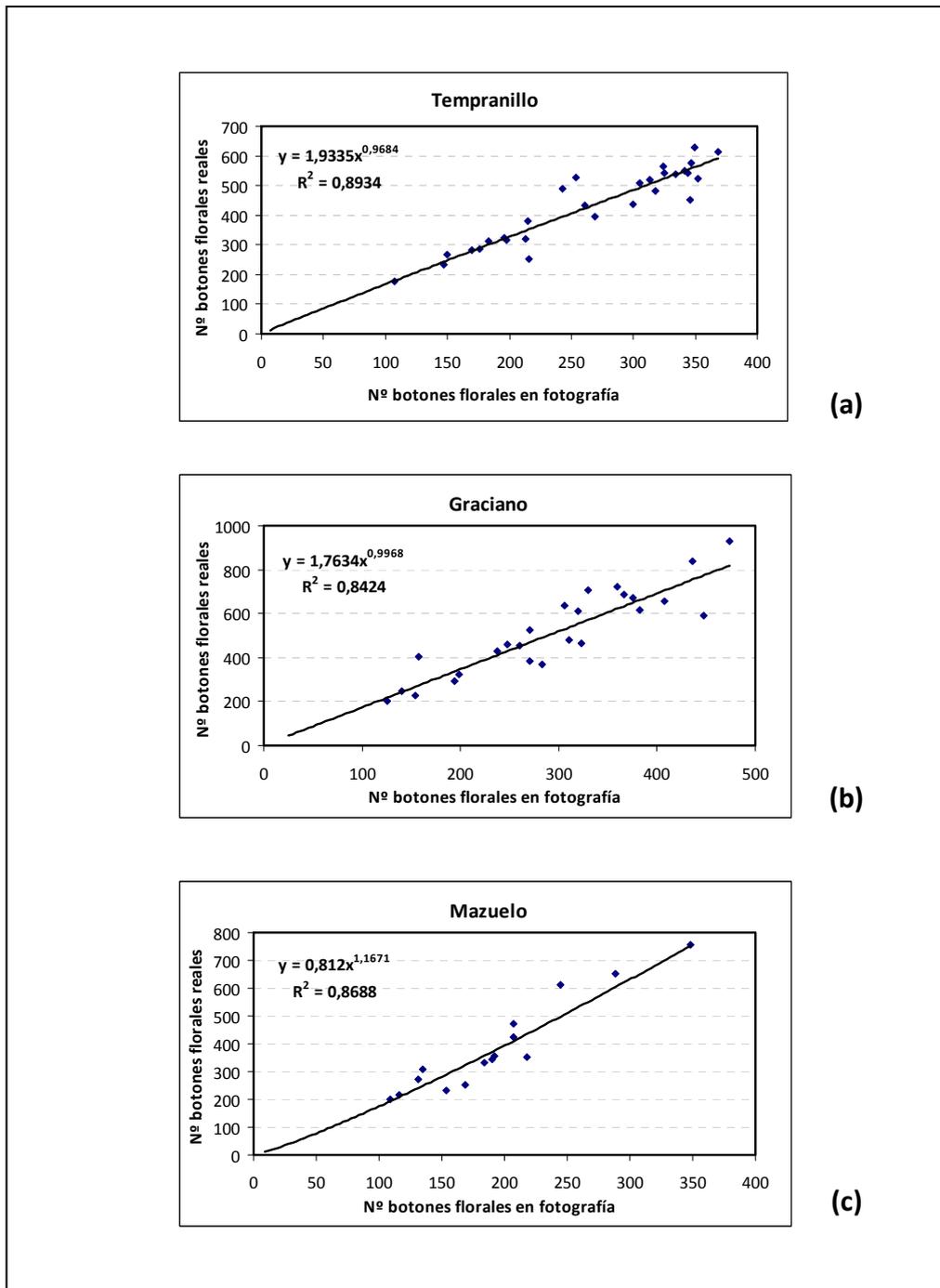


Figura 3.11. Curvas de calibración entre el número de botones florales contados a partir de la fotografía y el número de botones florales reales de la inflorescencia en Tempranillo (a), Graciano (b) y Mazuelo (c).

3.6.5. COMPONENTES DE LA PRODUCCIÓN

En vendimia, para cada una de las 25 cepas marcadas por tratamiento, se determinó la producción total de uva por cepa mediante pesada directa en el viñedo (Balanza dinamómetro Kern, modelo HDB 10K10, Alemania). A partir de este parámetro y el número de racimos por cepa (determinado por recuento directo en campo) se determinó el peso medio del racimo.

Para cada pámpano marcado se vendimió la producción del mismo y se marcó el racimo basal. A continuación la producción del pámpano marcado se trasladó al laboratorio para la posterior determinación de otros componentes de la producción. Una vez en el laboratorio se determinó el número de racimos por pámpano marcado así como la producción de uva por pámpano mediante pesada directa en balanza electrónica (Sartorius, modelo LB 1500S, 0.01g de precisión).

La determinación de los principales componentes de la producción se realizó sobre los racimos basales de los 25 pámpanos marcados por tratamiento. Para cada racimo basal se determinaron en el laboratorio los siguientes parámetros:

- **Peso del racimo basal:** Mediante pesada con balanza electrónica (Sartorius, modelo LB 1500S, 0.01 g de precisión)
- **Número de bayas del racimo basal:** Recuento del número de bayas tras el despallado manual del racimo.
- **Peso de bayas del racimo basal:** Mediante pesada de todas las bayas con balanza electrónica (Sartorius, modelo LB 1500S, 0.01 g de precisión)
- **Peso de 1 baya:** Se calculó dividiendo el peso de bayas entre el número de bayas del racimo basal.

3.6.6. COMPACIDAD DEL RACIMO

Se estimó la compacidad del racimo basal según el estándar 204 de la OIV (OIV, 1983) que establece una escala de clasificación con 5 niveles, desde el 1, que implica una formación agrupada de las bayas con numerosos pedicelos visibles (racimo muy suelto), hasta el 9, que corresponde a racimos con bayas deformadas (racimo muy compacto).

3.6.7. ESTADO SANITARIO DE LA UVA

El estado sanitario de la uva se estimó de forma visual, mediante evaluación de la incidencia de *Botrytis* en los 25 racimos basales por tratamiento, en términos de porcentaje de incidencia del racimo dañado.

3.7. EVOLUCIÓN DE LA MADURACIÓN DE LA UVA

En las tres variedades, y en los dos años de estudio, se realizó el seguimiento de la maduración de la uva mediante muestreos en campo y posterior análisis de las bayas. Las fechas de muestreo para cada año y variedad se recogen en la Tabla 3.7. Se muestrearon las cepas no marcadas, tomando 100 bayas de forma representativa de cada repetición. Una vez recogidas, las muestras se transportaron en nevera al laboratorio para su posterior análisis. Cada muestra de 100 bayas se pesó para determinar el peso de 1 baya. Una vez pesadas, las 100 bayas se dividieron en dos submuestras de unas 50 bayas aproximadamente cada una, para análisis de los principales parámetros analíticos (madurez tecnológica), y para análisis de antocianos y polifenoles (madurez fenólica), respectivamente.

Tabla 3.7. Fechas de los muestreos de maduración y vendimia, realizados para las tres variedades en los años de estudio.

Muestreo	Tempranillo		Graciano		Mazuelo	
	2007	2008	2008	2009	2008	2009
Primer muestreo	6/09/07	9/09/08	23/09/08	8/09/09	19/09/08	---
Segundo muestreo	10/09/07	16/09/08	30/09/08	15/09/09	23/09/08	---
Tercer muestreo	1/10/07	24/09/08	6/10/08	30/09/09	30/09/08	---
Cuarto muestreo	---	2/10/08	14/10/08	---	7/10/08	---
Vendimia	15/10/07	17/10/08	28/10/08	5/10/09	24/10/08	5/10/09

Los parámetros de madurez tecnológica y fenólica se analizaron siguiendo la metodología descrita en los apartados 3.8.2 y 3.8.3.

3.8. COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y SENSORIALES DE LA UVA

3.8.1. COMPONENTES DE LA BAYA

La determinación del peso de los distintos componentes de la baya (hollejo, pulpa y pepitas) así como su contribución en el peso de la misma, se realizó en muestras de uva de todos los tratamientos de Tempranillo en el año 2007.

Para cada tratamiento se diseccionaron, en estado de congelación, 300 bayas de uva, siguiendo la metodología propuesta por Poni et al. (2009). Con ayuda de un bisturí se diseccionó una a una cada baya congelada, separando en primer lugar el hollejo de la pulpa y pepitas. El hollejo se secó cuidadosamente con una servilleta fina de celulosa para eliminar cualquier resto de humedad. A continuación se separaron las pepitas de la pulpa con ayuda del bisturí y se procedió al secado de las mismas con una servilleta

fina de celulosa. Finalmente se pesaron individualmente el hollejo y las pepitas, utilizando una balanza analítica de precisión 0.0001 g (Mettler Toledo, NewClassic MS, L'Hospitalet de Llobregat, España).

3.8.2. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LA UVA: AZÚCARES Y ACIDEZ.

En las tres variedades a estudio se realizó un análisis de los principales parámetros analíticos de la uva en todos los años de estudio después de la vendimia. Para cada tratamiento se analizó un total de 25 muestras de uva, correspondientes a la producción de los 25 pámpanos marcados por tratamiento, que tras la determinación de los componentes de la producción sobre el racimo basal, se mantuvieron congeladas a -20 °C hasta su análisis. Con anterioridad al análisis, las muestras de uva se descongelaron a temperatura ambiente durante 12 horas. A continuación se dividió la muestra en dos partes aproximadamente iguales, una de las cuales se utilizó para el análisis de los principales parámetros analíticos, y la otra para la determinación del color y los polifenoles en uva.

El análisis de los principales parámetros analíticos incluyó: Sólidos solubles (azúcares, °Brix), acidez total, pH y concentraciones de ácido málico y tartárico.

Las bayas correspondientes a cada muestra se estrujaron hasta llenar un tubo de centrífuga Falcon con 15 ml de mosto. A continuación se centrifugó el mosto durante 5 minutos a 4000 rpm y se determinaron los siguientes parámetros:

- **Azúcares/Sólidos solubles (°Brix):** El contenido en sólidos solubles del mosto se midió con un refractómetro digital (Atago WM-7, Japón) en °Brix.
- **Acidez total:** La acidez total (g/l ácido tartárico) se determinó por valoración ácido-base con licor acidimétrico (NaOH N/4.9, Panreac, Barcelona, España), utilizando azul de bromotimol como indicador (pH de punto final, 7.6).
- **pH:** Se determinó el pH de las muestras utilizando un pHmetro (Crison GLP 21, Barcelona, España).

- **Ácido málico:** se determinó la concentración de ácido málico en el mosto utilizando un método enzimático implementado en un autoanalizador multiparamétrico (LISA 200, Biocode Hycel, Le Rheu, Francia).
- **Ácido tartárico:** se determinó la concentración de ácido tartárico en el mosto utilizando un método colorimétrico implementado en autoanalizador multiparamétrico (LISA 200, Biocode Hycel, Le Rheu, Francia).

3.8.3. COLOR Y POLIFENOLES EN UVA

El estudio del color y de los polifenoles en uva se ha llevado a cabo siguiendo dos métodos: mediante extracción y espectrofotometría UV-Visible, y mediante extracción y cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

▪ Antocianos y polifenoles por extracción y espectrofotometría UV-Visible

En las tres variedades a estudio se determinó el contenido y la concentración de antocianos y polifenoles en uva en todos los años de estudio siguiendo el método descrito por Iland et al. (2004). Para cada tratamiento se analizaron 25 muestras de uva, correspondientes a la producción de los 25 pámpanos marcados. Se utilizó la mitad de la muestra no utilizada para el análisis de azúcares y acidez. Así, cada muestra de uva se trituró con un homogenizador de alta precisión (Ultra-Turrax, IKA, Alemania), durante 30 segundos a una velocidad de 18000 rpm, hasta obtener una fina papilla. A continuación se pesó 1 ± 0.05 g de la papilla obtenida (Sartorius, modelo LB 1500S, 0.01 g de precisión) y se introdujo en un tubo Falcon de 15 ml previamente tarado, donde se vertieron 10 ml de una disolución hidroalcohólica (etanol:agua, 50/50 v/v) a pH=2. La suspensión obtenida se agitó cada 10 minutos durante una hora. Transcurrido este tiempo se centrifugó la muestra (5 minutos a 4000 rpm) y se tomó 1 ml del sobrenadante que se introdujo en otro tubo Falcon de 15 ml que ya contenía 10 ml de ácido clorhídrico 1M (Panreac, Barcelona, España). Se agitó intensamente la nueva disolución durante 30 segundos y se dejó reposar durante 3 horas. Transcurrido este tiempo se midieron las absorbancias a 280 nm y 520 nm de esta disolución con un

espectrofotómetro UV-VIS (Hach, modelo DR 5000, Düsseldorf, Alemania). El contenido y la concentración de antocianos y polifenoles en la baya se calcularon según las ecuaciones 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4, que se detallan a continuación.

- **Ecuación 3.1.** Contenido de antocianos por baya (mg antocianos/baya)

$$\text{Antocianos por baya (mg antocianos / baya)} = \frac{A_{520}}{500} \times 11 \times \frac{10.5\text{ml}}{100} \times \frac{\text{Peso 50 bayas (g)}}{\text{Peso papilla (g)}} \times \frac{1000}{50}$$

- **Ecuación 3.2.** Concentración de antocianos por baya (mg antocianos/g baya)

$$\text{Antocianos por peso fresco de baya (mg antocianos / g baya)} = \frac{\text{Color por baya (mg)}}{\text{Peso 1 baya (g)}}$$

- **Ecuación 3.3.** Contenido de fenoles totales por baya (unidades de absorbancia (UA)/baya)

$$\text{Fenoles totales (UA/ baya)} = A_{280} \times 11 \times \frac{10.5\text{ml}}{100} \times \frac{\text{Peso 50 bayas (g)}}{\text{Peso papilla (g)}} \times \frac{1}{50}$$

- **Ecuación 3.4.** Concentración de fenoles totales por baya (UA/ g baya)

$$\text{Fenoles totales (UA/ g baya)} = \frac{\text{Fenoles totales por baya (UA)}}{\text{Peso 1 baya (g)}}$$

- **Monómeros fenólicos por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)**

El análisis de los principales monómeros fenólicos en uva se llevó a cabo mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) en los años 2007 y 2008 en la variedad Tempranillo, para los siguientes tratamientos:

- Control
- Man-PreF 8 hjs
- Man-Cua 8 hjs
- Mec-PreF Collard 0.5
- Mec-Cua Collard 0.5
- Acla-Man (solamente en el año 2008)

Los monómeros analizados e identificados corresponden a las siguientes clases de compuestos fenólicos: ácidos hidroxicinámicos, estilbenos, flavanoles, flavonoles y antocianos.

Las muestras analizadas mediante HPLC fueron extractos hidroalcohólicos (etanol:agua, 50/50 v/v) a pH=2, obtenidos en la primera etapa de extracción del método de Iland et al. (2004). Estos extractos (25 extractos/tratamiento) se guardaron en viales de plástico de 2 ml y se mantuvieron en congelador a -20 °C hasta su análisis. Para cada tratamiento se pasó de 25 extractos a cinco solamente, uno por repetición en viñedo, al homogenizar los cinco extractos correspondientes a las cinco cepas de una misma repetición, y obtener un solo extracto. Antes de ser analizados, los extractos se filtraron con filtros de disco de PTFE de 0.45 µm de poro y se pasaron a viales de vidrio de 2ml.

El método cromatográfico utilizado se basa en el descrito por Lamuela-Raventós y Waterhouse (1994), posteriormente modificado y optimizado por Donovan et al. (1998).

Se utilizó un cromatógrafo de HPLC Agilent (Palo Alto, California, España) modelo 1200 con bomba cuaternaria y detector de UV-VIS Diode Array (190-950 nm) y equipado con software HP Chemstation™ y una columna LiChrosphere® 100 RP-18 (250mm × 4mm; 5µm tamaño de partícula), sin pre-columna previa. El volumen inyectado por muestra fue de 25µl y la velocidad de flujo utilizada fue 0.5 ml/minuto. Se utilizaron tres fases móviles (A, B y C), cuya composición se describe a continuación:

- A. 50 mM $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, pH=2.6 (ajustado con ácido *o*-fosfórico)
- B. 80 % Acetonitrilo + 20 % fase A
- C. 200 mM ácido *o*-fosfórico, pH=1.5 (ajustado con Hidróxido de sodio)

El gradiente de elución utilizado se recoge en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8. Gradiente de elución de las fases móviles utilizadas en el método HPLC para análisis de monómeros fenólicos en uva.

Tiempo (min)	Fase A (%)	Fase B (%)	Fase C (%)
0	100	0	0
5.00	100	0	0
8.00	92	8	0
20.00	0	14	86
25.00	0	16.5	83.5
35.00	0	21.5	78.5
70.00	0	50	50
75.00	0	100	0
79.00	100	0	0
80.00	100	0	0

La detección de los compuestos fenólicos se realizó mediante espectrofotometría UV-VIS, a cuatro longitudes de onda distintas: 280 nm, para el ácido gálico, los flavanoles y algunos tipos de estilbenos; 316 nm para los ácidos hidroxicinámicos y algún tipo de estilbeno; 365 nm para los flavonoles, y 520 nm para los antocianos.

La identificación de los diferentes compuestos se realizó a partir del tiempo de retención, los espectros de cada compuesto y por comparación con la información existente en la bibliografía (Lamuella-Raventós y Waterhouse, 1994; Tsao y Yang, 2003; Monagas et al. 2005; Cano-López et al. 2006; Gómez-Alonso et al. 2007; Revilla et al. 2009). Aquellos compuestos cuya identidad no pudo ser obtenida se nombraron con el nombre de la clase de polifenol seguido de un número romano (I, II...).

Para la cuantificación de los diferentes compuestos se realizaron rectas de calibración de los siguientes patrones comerciales, disueltos en metanol para HPLC (Scharlab): Ácido gálico (Ácido gálico monohidrato purísimo $\geq 99\%$ HPLC, Sigma Aldrich) (Figura 3.12); (+)-catequina ((+)-catequina hidrato $\geq 98\%$ HPLC, Sigma Aldrich) (Figura 3.13); ácido cafeico (ácido cafeico $\geq 98\%$ HPLC, Sigma Aldrich) (Figura 3.14); quercetina (quercetina dihidrato $\geq 98\%$ HPLC, Sigma Aldrich) (Figura 3.15) y malvidina-3-O-glucósido (Cloruro de malvidina-3-O-glucósido $> 95\%$ HPLC, Extrasynthèse, Francia) (Figura 3.16).

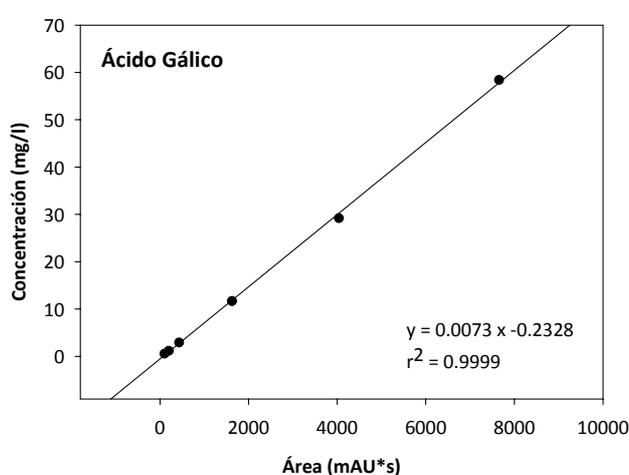


Figura 3.12. Recta de calibración entre la concentración (mg/l) y el área de pico cromatográfico (mAU*s) a 280nm, para ácido gálico.

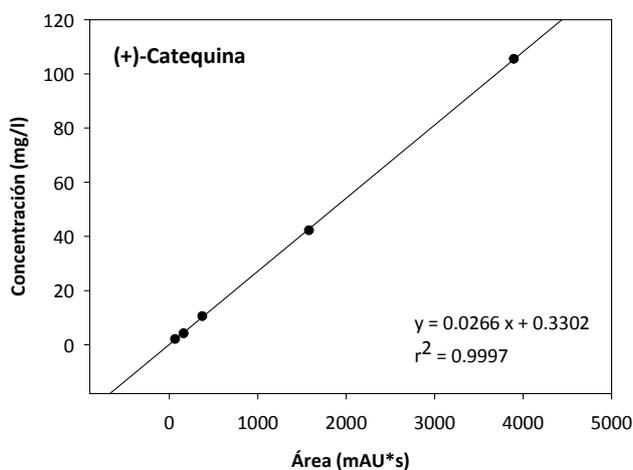


Figura 3.13. Recta de calibración entre la concentración (mg/l) y el área de pico cromatográfico (mAU*s) a 280nm, para (+)-catequina.

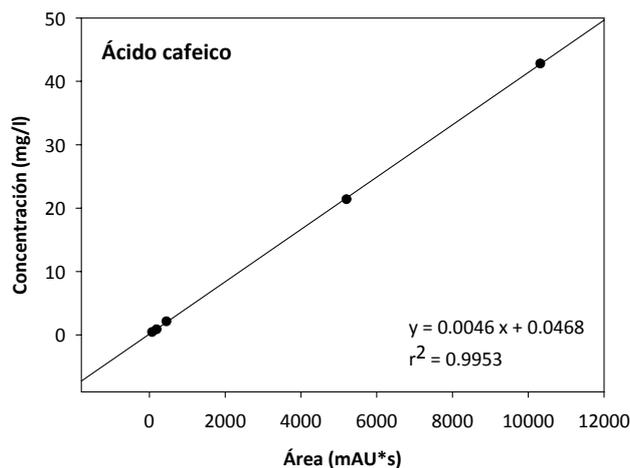


Figura 3.14. Recta de calibración entre la concentración (mg/l) y el área de pico cromatográfico (mAU*s) a 316nm, para ácido cafeico.

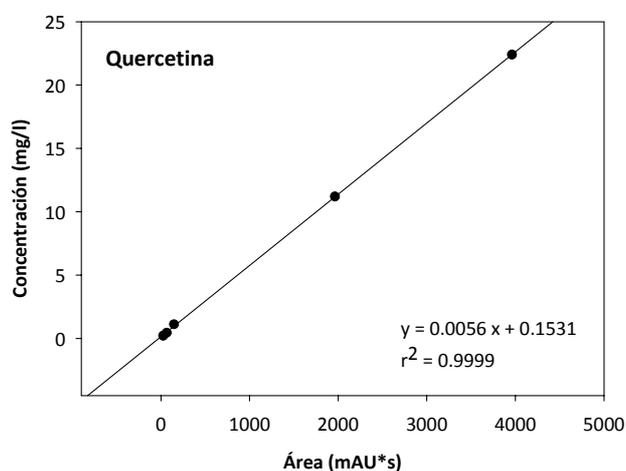


Figura 3.15. Recta de calibración entre la concentración (mg/l) y el área de pico cromatográfico (mAU*s) a 365nm, para quercetina.

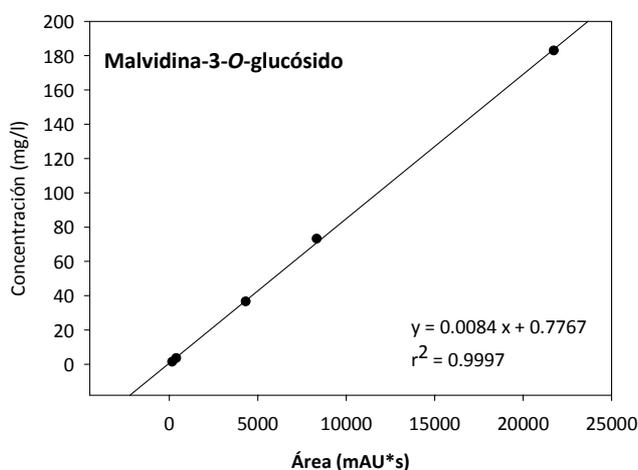


Figura 3.16. Recta de calibración entre la concentración (mg/l) y el área de pico cromatográfico (mAU*s) a 520nm, para malvidina-3-O-glucósido.

Las concentraciones de los distintos monómeros fenólicos presentes en los extractos de uva se expresaron como mg/kg de uva de los diferentes compuestos o patrones de referencia utilizados en las rectas de calibrado (Tabla 3.9).

Tabla 3.9. Sustancias fenólicas en uva analizadas y patrones utilizados para su cuantificación por HPLC.

Monómero fenólico	Longitud de onda (nm)	Patrón o referencia
Ácido gálico	280	Ácido gálico
Flavanoles	280	(+)-catequina
Ácidos hidroxicinámicos	316	Ácido cafeico
GRP	316	Ácido cafeico
Estilbenos	280/316	(+)-catequina/ácido cafeico
Flavonoles	365	Quercetina
Antocianos	520	Malvidina-3-O-glucósido

3.8.4. ANÁLISIS SENSORIAL DE BAYAS

Se realizó un análisis sensorial de bayas en los tratamientos de deshojado en Tempranillo, en el año 2007. Para cada tratamiento, se vendimió y homogenizó la uva de las 5 repeticiones por tratamiento, que se mantuvo en cámara a 4°C durante 3 horas, hasta el momento del análisis.

La evaluación sensorial de las bayas fue realizada por un panel de cata compuesto por nueve jueces experimentados, integrado por cinco mujeres y cuatro hombres, de 34 años de edad media. La fase de entrenamiento se realizó el mismo día, con anterioridad a la sesión de evaluación, con dos muestras de uva de Tempranillo diferentes, siguiendo la ficha sintética de análisis sensorial de bayas del ICV desarrollada por Rousseau y Delteil (2000).

La sesión de cata de uvas se desarrolló en una sala con luz natural y artificial, sobre un fondo blanco. Las muestras de uva se presentaron aleatoriamente y de forma codificada, con un código de tres cifras, en platos de plástico blancos, de una en una, a cada uno de los jueces que componían el panel. Cada muestra constaba de 4 bayas de

uva correspondientes al tratamiento a estudio. Para cada muestra, los jueces debían evaluar cuatro parámetros de madurez en una escala discreta de 1-4, siguiendo la ficha sintética y la guía de utilización de la ficha sintética, que se les proporcionó a cada uno durante la fase de entrenamiento. Los parámetros de madurez que se evaluaron fueron los siguientes:

- Madurez azúcares/acidez
- Madurez aromática de la pulpa
- Madurez aromática de los hollejos
- Madurez de los taninos

3.9. VINIFICACIONES

En vendimia se realizaron vinificaciones de todos los tratamientos, en las tres variedades, Tempranillo, Graciano y Mazuelo, en los dos años de estudio para cada variedad. Para una variedad dada, la uva de todos los tratamientos fue vendimiada en el mismo día (Tabla 3.7). Para cada tratamiento, se vendimió de forma separada la uva de las cinco cepas marcadas por repetición. Se mezcló la uva de las cinco cepas por repetición obteniendo cinco lotes de uva por tratamiento, correspondientes a las cinco repeticiones en viñedo. La uva de cada repetición se vinificó posteriormente de forma separada, de modo que se elaboraron cinco vinos por tratamiento.

Las vinificaciones se llevaron a cabo siguiendo el método de micro-fermentación descrito por Sampaio et al. (2007). Así, el micro-depósito de fermentación consistió en un tarro de cristal (3.90 litros) con una tapa para uso alimentario agujereada en el centro, donde se introdujo la válvula de fermentación, y una tapa para uso alimentario de polietileno de alta densidad perforada en varias zonas, tal y como se muestra en la Figura 3.17.



Figura 3.17. Micro-depósitos de fermentación utilizados para las vinificaciones experimentales. Diseño adaptado de Sampaio et al. (2007).

La uva correspondiente a cada repetición de un tratamiento dado se despalló utilizando una estrujadora-despalladora de uva eléctrica (Enomundi, Zaragoza, España). De la mezcla de uva despallada y mosto resultante se vertió 3.5 kg en cada micro-depósito, dejando así espacio de cabeza para la emisión de dióxido de carbono. A continuación se adicionó anhídrido sulfuroso a razón de 60 mg/kg. No se realizó ninguna corrección de acidez para no interferir en la composición final del vino resultante. Seguidamente, los mostos se inocularon con levadura comercial, *Saccharomyces cerevisiae* con dosis de 25 g/hl. Finalizado el proceso de siembra de levadura y homogenización, cada micro-depósito se cerró con la tapa provista de la válvula de fermentación y ésta se selló con Parafilm “M” (Pechiney Plastic Packaging, Menasha WI USA). La temperatura de fermentación se mantuvo entre 26 y 31 °C mediante climatización y ajuste de la temperatura ambiente de la sala de fermentación. A lo largo de todo el proceso fermentativo, el sombrero se mantuvo sumergido con ayuda de la tapa plástica perforada de polietileno.

El progreso de la fermentación fue seguido por medición de la temperatura y densidad de cada micro-depósito, a través de la abertura de la válvula de fermentación con ayuda de una jeringa plástica de 50 ml adaptada con un tubo de polipropileno de 30 cm de longitud. Las fermentaciones alcohólicas finalizaron al cabo de 7 días y de cada micro-depósito se realizó un análisis completo que incluyó los siguientes parámetros:

- **Glucosa + fructosa:** Se determinó el contenido en glucosa + fructosa en el vino elaborado siguiendo un método enzimático implementado en un autoanalizador multiparamétrico (LISA 200, Biocode Hycel, Le Rheu, Francia).
- **Ácido málico:** Se determinó la concentración de ácido málico en el vino elaborado utilizando un método enzimático implementado en un autoanalizador multiparamétrico (LISA 200, Biocode Hycel, Le Rheu, Francia).
- **pH:** Se determinó el pH de las muestras utilizando un pHmetro (Crison, GLP 21, Barcelona, España).
- **Acidez total:** La acidez total (g/l ácido tartárico) se determinó por valoración ácido-base con licor acidimétrico (NaOH N/4.9, Panreac, Barcelona, España), utilizando azul de bromotimol como indicador (pH de punto final, 7.6).
- **Sulfuroso libre y total:** El contenido en anhídrido sulfuroso libre y total se midió siguiendo un método colorimétrico implementado en un autoanalizador multiparamétrico (LISA 200, Biocode Hycel, Le Rheu, Francia).
- **Acidez volátil:** Se determinó la acidez volátil (g/l ácido acético) en el vino elaborado utilizando un método enzimático implementado en un autoanalizador multiparamétrico (LISA 200, Biocode Hycel, Le Rheu, Francia).

Tanscurridos 15 días desde su encubado, y una vez comprobado el fin de la fermentación alcohólica, se procedió al descube y prensado de los vinos. La prensa consistió en un embudo Buchner de 2000 ml equipado con un kitasatos de 1500 ml, acoplado a una bomba de vacío (ABM Vacuubrand, Alfred Zippe Str. 4. Wertheim, Alemania). La pasta, en varias veces, se vertió en el embudo, se cubrió con una bolsa plástica de polipropileno para uso alimentario y se sometió a un prensado manual y vacío durante 2 minutos. Finalizado el prensado y descube de cada micro-depósito el vino obtenido se transfirió a botellas de 0.75 l cuya boca se selló con Parafilm. Las

botellas de vino se guardaron durante 7 días en cámara frigorífica a 4.5 °C para promover la sedimentación natural de las lías antes del proceso de trasiega. Transcurridos 7 días desde el descube, las botellas de vino correspondientes a cada micro-depósito de fermentación se decantaron y el vino se homogenizó en un recipiente de 4 litros, con cuidado de no verter ningún tipo de lía u otro material sólido sedimentado en el fondo de las botellas. Una vez homogenizado el vino se llenaron 2 botellas de 0.75 litros por micro-depósito para el análisis sensorial, así como una muestra de 125 ml en un bote de plástico hermético que se conservó en cámara frigorífica a 4.5 °C hasta su análisis químico. Antes del encorchado con tapón de corcho natural, se adicionó 60 mg/l de anhídrido sulfuroso a cada botella de vino para prevenir la fermentación maloláctica de los vinos. Las botellas encorchadas se mantuvieron 24 horas en posición vertical y transcurrido este tiempo se guardaron en posición horizontal en cajas de cartón en una sala en condiciones de temperatura y humedad constantes, hasta el momento de ser analizadas sensorialmente.

3.10. COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL VINO

3.10.1. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO: ALCOHOL Y ACIDEZ

En los dos años a estudio para cada variedad, a los tres meses después de la finalización de la fermentación alcohólica, se analizaron los siguientes parámetros analíticos de los vinos: Grado alcohólico (% alcohol v/v), pH, acidez total (g/l de ácido tartárico) y ácido málico (g/l). Todos los parámetros analíticos citados excepto el pH, que se determinó con un pHmetro (Crison GLP 21, Barcelona, España), fueron determinados por espectroscopía infrarroja, utilizando un autoanalizador multiparamétrico Foss 120 FT (Foss, Dinamarca). Todos los análisis fueron realizados en duplicado.

3.10.2. COLOR Y POLIFENOLES

El estudio del color y polifenoles en vino se llevó a cabo siguiendo dos métodos: mediante espectrofotometría UV-Visible, y mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

▪ **Color y polifenoles por espectrofotometría UV-Visible**

Se determinaron los parámetros de color y polifenoles en los vinos de todos los tratamientos de las tres variedades de uva, en los dos años de estudio para cada variedad. La intensidad colorante y la tonalidad de los vinos fueron determinados por espectrofotometría visible siguiendo la metodología descrita por la OIV (OIV, 1990), mientras que el contenido en polifenoles fue determinado por espectrofotometría UV según el método de la CEE (CEE, 1990). Los análisis se realizaron a los tres meses después del fin de la fermentación alcohólica. Antes de cualquier medida espectrofotométrica, los vinos fueron centrifugados a 4000 rpm durante 5 minutos. No se realizó ningún ajuste de pH a los vinos.

- **Intensidad colorante (IC):** Se calculó como suma de las absorbancias a 420 nm, 520 nm y 620 nm.
- **Tonalidad:** Se calculó como la relación entre la absorbancia a 420 nm y la absorbancia a 520 nm.
- **Índice de polifenoles totales (IPT):** Corresponde a la absorbancia a 280 nm de una disolución 1/100 v/v del vino en agua desionizada, multiplicada por 100.

Monómeros fenólicos por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)

El análisis de los principales monómeros fenólicos en los vinos mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) se llevó a cabo en los años 2007 y 2008 en la variedad Tempranillo, para los siguientes tratamientos:

- Control
- Man-PreF 8 hjs
- Man-Cua 8 hjs

- Mec-PreF Collard 0.5
- Mec-Cua Collard 0.5
- Acla-Man (solamente en el año 2008)

Los análisis de los vinos del año 2007 se realizaron 9 meses después de la fermentación alcohólica mientras que los de los vinos del año 2008 se llevaron a cabo 12 meses tras el fin de las fermentaciones.

Los monómeros analizados e identificados corresponden a las siguientes clases de compuestos fenólicos: ácidos hidroxicinámicos, estilbenos, flavanoles, flavonoles y antocianos.

De cada tratamiento se analizaron cinco muestras de vino, correspondientes a las cinco repeticiones por tratamiento. Las muestras de vino analizadas mediante HPLC fueron previamente filtradas por filtros de disco de PTFE de 0.45 μm de tamaño de poro. El método de HPLC utilizado fue el desarrollado por Lamuela-Raventós y Waterhouse (1994), posteriormente modificado y optimizado por Donovan et al. (1998), y descrito en el apartado 3.8.3 ya que es el mismo utilizado para el análisis de monómeros fenólicos por HPLC en extractos de uva.

La identificación de los diferentes compuestos se realizó a partir del tiempo de retención, los espectros de cada compuesto y por comparación con la información existente en la bibliografía (Lamuela-Raventós y Waterhouse, 1994; Tsao y Yang, 2003; Monagas et al. 2005; Cano-López et al. 2006; Gómez-Alonso et al. 2007; Revilla et al. 2009). Aquellos compuestos cuya identidad no pudo ser obtenida se nombraron con el nombre de la clase de polifenol seguido de un número romano (I, II...).

Para la cuantificación de los diferentes compuestos se utilizaron las mismas curvas de calibración empleadas para el análisis de monómeros fenólicos en uva (Figuras 3.12-3.16). Los resultados se expresaron como concentraciones, en mg/l.

3.10.3. ANÁLISIS SENSORIAL DE LOS VINOS

Se llevó a cabo el análisis sensorial de los vinos siguiendo la metodología de Análisis Descriptivo (Lawless y Heymann, 1998), en los vinos de Tempranillo de los años 2007 y 2008 de los siguientes tratamientos:

- Control
- Man-PreF 8 hjs
- Man-Cua 8 hjs
- Mec-PreF Collard 0.5
- Mec-Cua Collard 0.5

El panel de cata estaba compuesto por 15 catadores, 8 mujeres y 7 hombres, con un promedio de edad de 34 años. El análisis descriptivo se llevó a cabo seis meses después del fin de la fermentación alcohólica. El protocolo de análisis sensorial se desarrolló en dos etapas: una etapa de entrenamiento del panel y posteriormente una etapa de evaluación sensorial de los vinos. La fase de entrenamiento se realizó durante cuatro sesiones de 90 minutos de duración, en las que los jueces revisaron las definiciones sensoriales de diferentes atributos de aroma, usualmente presentes en los vinos de Tempranillo. Al inicio de la primera sesión de entrenamiento los jueces generaron un conjunto de términos aromáticos necesarios para describir vinos jóvenes de Tempranillo de los años 2007 y 2008, respectivamente, que no habían realizado la fermentación maloláctica. A continuación, y a lo largo del resto de sesiones de entrenamiento los jueces evaluaron estándares aromáticos elaborados con productos naturales así como esencias aromáticas comerciales (Le Nez du Vin, Francia). Ello permitió establecer una discusión entre el grupo de jueces sobre los matices, definiciones y perfil aromático de cada uno de los descriptores necesarios para describir vinos jóvenes de Tempranillo, llegando a un consenso en el que se modificaron, rechazaron y combinaron descriptores hasta obtener una lista de 8-9 aromas, que incluía los atributos más frecuentemente mencionados por el panel de cata (Tabla 3. 10).

En el año 2007, se evaluó también la percepción en boca de los vinos. Durante la fase de entrenamiento los jueces tuvieron que evaluar un conjunto de disoluciones acuosas con distintas concentraciones de etanol, ácido tartárico y tanino de uva comercial, para fijar los conceptos de volumen en boca, acidez y astringencia, respectivamente. A continuación, se llevaron a cabo pruebas direccionales de comparación de pares (Lawless y Heymann, 1998) para contrastar pares de soluciones acuosas y de vinos en volumen en boca, acidez y astringencia.

En la última sesión de entrenamiento los jueces pudieron familiarizarse al protocolo formal de evaluación de los distintos descriptores mediante la evaluación de dos vinos jóvenes de Tempranillo, utilizando la plantilla de evaluación así como las instrucciones de cata.

La fase de evaluación de los vinos se llevó a cabo a lo largo de un número de sesiones en las que los jueces evaluaron entre 6-10 vinos por sesión. Al inicio de cada sesión los jueces debían evaluar los estándares de aroma que se preparaban a diario. Cada uno de los atributos de aroma o de percepción en boca se evaluó utilizando una escala continua de 0-9, en la que "0" significaba ausencia total de ese atributo específico, y "9" una intensidad muy elevada del mismo, similar a la percibida en los estándares.

Todas las sesiones se llevaron a cabo en la sala de catas de la Universidad de La Rioja, a una temperatura ambiente de 22°C. Los vinos (30 ml) fueron presentados en orden aleatorio en copas de vino codificadas con números de tres cifras (totalmente anónimos), a una temperatura de servicio de 18°C. Cada muestra de vino se presentó dos veces a lo largo de las sesiones de evaluación.

Tabla 3.10. Descriptores sensoriales y estándares de referencia utilizados en los paneles de cata en los años 2007 y 2008. Todos los estándares fueron preparados en 30 ml de vino base de Tempranillo.

Descriptor sensorial	Estándar de referencia
Aroma 2007	
Fresa-Fruta roja	4 g de fresas cortadas + 4 g de frambuesas cortadas
Mora	4 g de moras cortadas + 2 ml de mermelada de mora Helios (Valladolid, España)
Plátano	3 rodajas de plátano + 0.5 ml de acetato de isoamilo Panreac (Barcelona, España)
Gominola	5 g de gominolas de fruta cortadas Haribo (Gerona, España)
Floral fresco	5 pétalos de alhelíes
Violeta	4 g de caramelos de violeta cortados La Violeta (Madrid, España)
Hierba cortada	4 g de hierba fresca cortada
Menta	1 g de caramelo de menta fresca Sintox (Logroño, España)
Regaliz	4 g de barra de regaliz negro Zara cortada (Zaragoza, España)
Percepción en boca 2007	
Volumen en boca	4 ml de etanol Panreac (Barcelona, España)
Acidez	60 mg de ácido tartárico Panreac (Barcelona, España)
Astringencia	60 mg tanino de uva comercial Biotan® (Bordeaux, Francia)
Aroma 2008	
Fresa-Fruta roja	4 g de fresas cortadas + 4 g de frambuesas cortadas
Mora	4 g de moras cortadas + 2 ml de mermelada de mora Helios (Valladolid, España)
Gominola	5 g de gominolas de fruta cortadas Haribo (Gerona, España)
Violeta	4 g de caramelos de violeta cortados La Violeta (Madrid, España)
Hierba cortada	4 g de hierba fresca cortada
Regaliz	4 g de barra de regaliz negro Zara cortada (Zaragoza, España)
Fruta pasa	4 pasas de uva + 1 ciruela pasa cortada Borges (Reus, España)
Pimienta negra-Especiado	1 Pizca (0.05 g) de pimienta negra recién molida, Carmencita (Novelda, España)

3.11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos para los diferentes parámetros estudiados fueron analizados estadísticamente mediante análisis de varianza (ANOVA) siguiendo el modelo lineal general para $p \leq 0.05$ (Steel et al. 1997).

Dada la estructura *a priori* del diseño experimental, en la que se perseguía evaluar la influencia de diversos factores, (como época, intensidad y modo de ejecución del deshojado, etc.) se establecieron una serie de contrastes *a priori*. En las Tablas 3.11 y 3.12 se describen los contrastes establecidos para Tempranillo, Graciano y Mazuelo.

Toda la estadística descriptiva (cálculo de medias, errores estándar, clases y marcas de clase de los histogramas), las correlaciones entre diversos parámetros, análisis de varianza y contrastes *a priori*, así como el análisis de componentes principales, se llevó a cabo con el paquete estadístico Infostat (Professional 2007 edition, Córdoba, Argentina). Además, se utilizó el test de Dunnett (Dunnett, 1955) para estudiar las diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos respecto del control (sin deshojar), con el programa estadístico SPSS (SPSS v15.1, Chicago, EEUU).

Para evaluar el efecto de los factores tratamiento, año, así como de la interacción año x tratamiento, se realizó también un análisis de varianza de dos factores, en el que el año fue considerado como factor aleatorio, por lo que el factor tratamiento fue evaluado ($p \leq 0.05$) frente a la interacción año x tratamiento.

Tabla 3.11. Contrastes *a priori* establecidos para determinar los efectos de los factores a estudio en la variedad Tempranillo.

Efecto	Contraste	Grupo 1	Grupo 2
¿Existe un efecto debido al deshojado precoz, considerando todos los tratamientos estudiados?	Control vs Deshojado (todos los tratamientos)	Control	Man-PreF 4hjs Man-PreF 8hjs Man-Cua 4 hjs Man-Cua 8 hjs Mec-PreF Collard 0.5 Mec-Cua Collard 0.5 Mec-PreF Pellenc Mec-PreF-Tordable 0.5 Mec-PreF Collard 2 Mec-PreF Collard 3
¿Existe un efecto debido al deshojado precoz, considerando sólo los tratamientos principales?	Control vs Deshojado (tratamientos principales)	Control	Man-PreF 8hjs Man-Cua 8 hjs Mec-PreF Collard 0.5 Mec-Cua Collard 0.5
El deshojado en pre-floración, ¿provoca diferencias frente al control?	Control vs Deshojado pre-floración	Control	Man-PreF 8hjs Mec-PreF Collard 0.5
El deshojado en cuajado, ¿provoca diferencias frente al control?	Control vs Deshojado cuajado	Control	Man-Cua 8 hjs Mec-Cua Collard 0.5
¿Existen diferencias entre el deshojado en pre-floración y en cuajado?	Pre-Floración vs Cuajado	Man-PreF 8hjs Mec-PreF Collard 0.5	Man-Cua 8 hjs Mec-Cua Collard 0.5
El modo de ejecución del deshojado precoz, ¿tiene influencia?	Manual vs Mecánico	Man-PreF 8hjs Man-Cua 8 hjs	Mec-PreF Collard 0.5 Mec-Cua Collard 0.5
La intensidad de deshojado manual en pre-floración, ¿tiene alguna influencia?	Man-PreF 4 hjs vs Man-PreF 8 hjs	Man-PreF 4 hjs	Man-PreF 8hjs
La intensidad de deshojado manual en cuajado, ¿tiene alguna influencia?	Man-Cua 4 hjs vs Man-Cua 8 hjs	Man-Cua 4 hjs	Man-Cua 8hjs
El tipo de deshojadora, ¿tiene alguna influencia?	Tipo de deshojadora	Mec-PreF Collard 0.5	Mec-PreF Pellenc Mec-PreF Tordable 0.5
El aumento de la velocidad de avance de 0.5 a 2 km/h, ¿tiene alguna influencia?	Mec-PreF Collard 0.5 vs Mec-PreF Collard 2	Mec-PreF Collard 0.5	Mec-PreF Collard 2
El aumento de la velocidad de avance de 2 a 3 km/h, ¿tiene alguna influencia?	Mec-PreF Collard 2 vs Mec-PreF Collard 3	Mec-PreF Collard 2	Mec-PreF Collard 3
Comparación entre el aclareo manual el deshojado precoz (tratamientos principales)	Aclareo manual vs Deshojado	Acla-Man	Man-PreF 8hjs Man-Cua 8 hjs Mec-PreF Collard 0.5 Mec-Cua Collard 0.5

Tabla 3.12. Contrastes *a priori* establecidos para determinar los efectos de los factores a estudio en las variedades Graciano y Mazuelo.

Efecto	Contraste	Grupo 1	Grupo 2
¿Existe un efecto debido al deshojado precoz, considerando todos los tratamientos estudiados?	Control vs Deshojado (todos los tratamientos)	Control	Man-PreF 8hjs Man-Cua 8 hjs Mec-PreF Collard Mec-Cua Collard
El deshojado en pre-floración, ¿provoca diferencias frente al control?	Control vs Deshojado pre-floración	Control	Man-PreF 8hjs Mec-PreF Collard
El deshojado en cuajado, ¿provoca diferencias frente al control?	Control vs Deshojado cuajado	Control	Man-Cua 8 hjs Mec-Cua Collard
¿Existen diferencias entre el deshojado en pre-floración y en cuajado?	Pre-Floración vs Cuajado	Man-PreF 8hjs Mec-PreF Collard	Man-Cua 8 hjs Mec-Cua Collard
El modo de ejecución del deshojado precoz, ¿tiene influencia?	Manual vs Mecánico	Man-PreF 8hjs Man-Cua 8 hjs	Mec-PreF Collard Mec-Cua Collard
Comparación entre el aclareo manual el deshojado precoz (tratamientos principales)	Aclareo manual vs Deshojado	Acla-Man	Man-PreF 8hjs Man-Cua 8 hjs Mec-PreF Collard Mec-Cua Collard

Los datos recogidos durante el análisis sensorial de vinos fueron analizados mediante análisis de varianza de dos factores, donde el tratamiento fue considerado factor fijo y el factor juez, como aleatorio, de modo que la interacción tratamiento x juez fue utilizada para determinar la significación del factor tratamiento ($p \leq 0.05$). Además, se realizó también un análisis de componentes principales (Biplot, PCA) entre los parámetros analíticos de los vinos y los atributos sensoriales que mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los distintos tratamientos de deshojado en los años 2007 y 2008 en la variedad Tempranillo.

4. RESULTADOS

4.1. RESULTADOS AGRONÓMICOS

4.1.1. DESARROLLO DE LA SUPERFICIE FOLIAR

En viticultura, disponer de una amplia y bien expuesta superficie foliar es fundamental, ya que las hojas son las principales fábricas metabólicas de la planta. Cuando se estudia una práctica de manejo en verde del viñedo, como el deshojado precoz, es importante evaluar la respuesta de la planta frente a la eliminación de la superficie foliar.

A. TEMPRANILLO

La influencia del deshojado precoz en la superficie foliar principal, secundaria y total alcanzada en vendimia, en la variedad Tempranillo, se muestra en la tabla 4.1 para los años 2007 y 2008.

El primer resultado a destacar con respecto al desarrollo vegetativo es la ausencia de diferencias significativas en la superficie foliar total (en el momento de vendimia), entre el tratamiento control (sin deshojar) y los tratamientos de deshojado precoz. Aunque a primera vista pudiera resultar paradójico, ello implica que el deshojado precoz, de forma global y con independencia de la época y modo de ejecución, no provocó una reducción de la superficie foliar total. Los gráficos de la figura 4.1 representan los porcentajes de superficie foliar total debidos a la superficie foliar principal y secundaria para cada uno de los tratamientos en los dos años a estudio.

Tabla 4.1. Influencia del deshojado precoz en la superficie foliar principal (SFP), secundaria (SFS) y total (SFT) en vendimia en la variedad Tempranillo, en los años 2007 y 2008. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Ollauri, La Rioja.

Tratamiento	Año 2007			Año 2008		
	SFP/pámpano (cm ²)	SFS/pámpano (cm ²)	SFT/pámpano (cm ²)	SFP/pámpano (cm ²)	SFS/pámpano (cm ²)	SFT/pámpano (cm ²)
Control	2035.3 (123.2)	2310.1 (280.3)	4345.4 (342.5)	2146.9 (207.2)	1375.1 (231.3)	3521.9 (402.2)
Manual Pre-Floración 4 hojas	2070.9 (234.4)	3546.0 (446.0)	5617.0 (546.0)	1945.2 (165.6)	1630.1 (251.9)	3575.3 (377.9)
Manual Pre-Floración 8 hojas	1508.7 (199.1)	4089.7 (416.7)	5598.4 (505.2)	1540.5 (199.7)	2368.4 (371.2)	3909.0 (541.7)
Manual Cuajado 4 hojas	1835.9 (163.8)	2972.3 (347.0)	4808.2 (444.1)	1987.3 (228.0)	1772.8 (217.3)	3760.1 (378.8)
Manual Cuajado 8 hojas	1636.4 (310.7)	4272.1 (457.7)	5908.5 (595.9)	1044.4 (143.5)	2051.0 (219.2)	3095.4 (231.5)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	1828.7 (276.0)	2619.4 (400.7)	4448.0 (637.5)	1317.1 (135.5)	1084.3 (140.3)	2401.5 (216.4)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	1462.3 (175.7)	2827.9 (350.7)	4290.2 (399.5)	1713.1 (159.4)	1244.9 (195.6)	2958.0 (223.5)
Mecánico Pre-Floración Pellenc 0.5	1516.4 (238.3)	2848.6 (344.4)	4364.9 (544.9)	---	---	---
Mecánico Pre-Floración Tordable 0.5	---	---	---	1330.2 (138.2)	1255.6 (222.9)	2585.3 (303.7)
Mecánico Pre-Floración Collard 2	---	---	---	2390.5 (277.3)	2791.1 (446.5)	5181.7 (635.5)
Mecánico Pre-Floración Collard 3	---	---	---	1752.3 (133.7)	1291.2 (231.9)	3043.5 (271.8)
Aclareo Manual	---	---	---	2204.9 (182.2)	1504.4 (385.1)	3709.3 (517.8)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes						
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.168	0.018	0.239	0.014	0.241	0.753
Control vs Deshojado (ttos prales)	0.102	0.010	0.224	<0.001	0.318	0.332
Control vs Deshojado pre-floración	0.197	0.032	0.292	0.002	0.305	0.451
Control vs Deshojado cuajado	0.092	0.012	0.247	<0.001	0.426	0.309
Pre-floración vs Cuajado	0.615	0.629	0.887	0.786	0.779	0.746
Manual vs Mecánico	0.759	<0.001	0.011	0.228	<0.001	0.039
Man-PreF 4hjs vs Man-PreF 8 hjs	0.079	0.038	0.979	0.122	0.043	0.552
Man-Cua 4hjs vs Man-Cua 8 hjs	0.533	0.018	0.130	<0.001	0.042	0.237
Tipo de deshojadora	0.339	0.680	0.911	0.960	0.665	0.743
Mec-PreF Collard 0.5 vs Mec-PreF Collard 2	---	---	---	<0.001	<0.001	<0.001
Mec-PreF Collard 2 vs Mec-PreF Collard 3	---	---	---	0.015	<0.001	<0.001
Aclareo manual vs Deshojado	---	---	---	<0.001	0.099	0.103
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)						
Tratamiento	0.379	0.002	0.108	<0.001	<0.001	<0.001

* Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

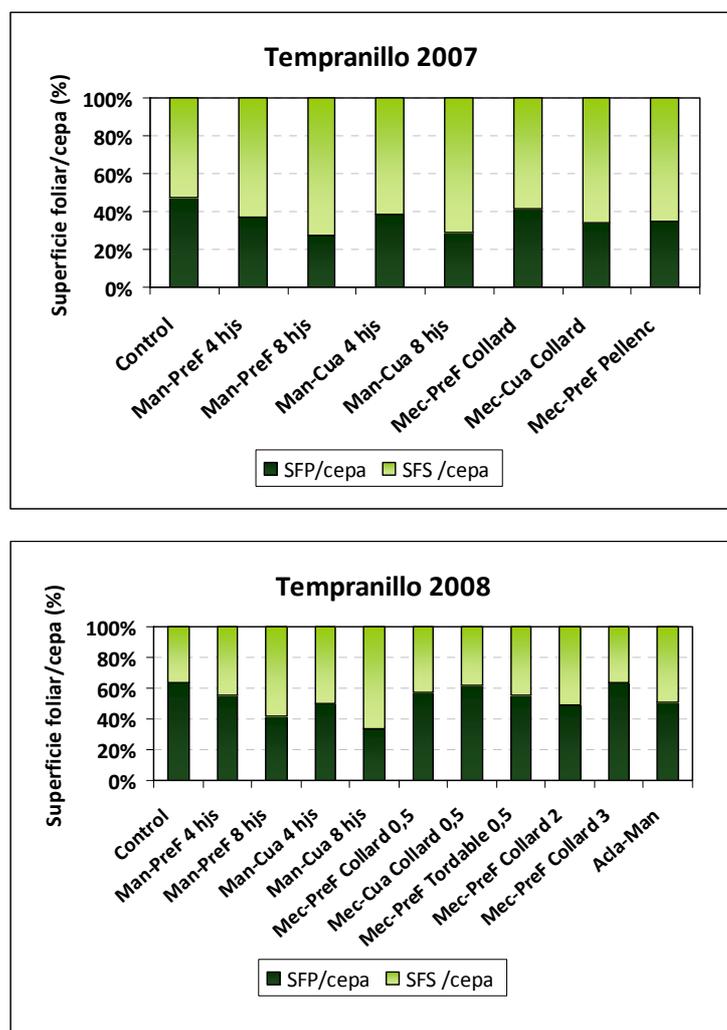


Figura 4.1. Superficie foliar principal (SFP) y secundaria (SFS) en vendimia, expresadas como porcentaje de la superficie foliar total para todos los tratamientos estudiados en Tempranillo en los años 2007 y 2008.

Si se profundiza en las contribuciones de las hojas del pámpano (principales) y de los nietos (secundarias) a la superficie foliar total, puede verse que no hubo diferencias significativas en la superficie foliar principal debidas al deshojado precoz en ningún caso en el año 2007. Sin embargo, en el año siguiente, la superficie foliar principal se redujo de forma significativa por el deshojado precoz, tanto en pre-floración como en cuajado, y de forma más severa por los deshojados mecánicos en pre-floración a 0.5 km/h y por el deshojado manual de 8 hojas en cuajado. Respecto a la mecanización, el tipo de deshojadora no causó diferencias significativas, pero sí lo hizo la velocidad de

trabajo, de 0.5 a 2 km/h. En cuanto a la superficie foliar secundaria el deshojado precoz parece haber inducido mayor formación de nietos en el año 2007, tanto en pre-floración como en cuajado, pero incluso más vivamente cuando el deshojado se llevó a cabo de forma manual y a la intensidad mayor (8 hojas). En el año 2008, la respuesta de la planta al deshojado precoz generando nietos fue más moderada y solamente las cepas sometidas a defoliación manual de 8 hojas, en pre-floración o en cuajado, así como las deshojadas mecánicamente con la deshojadora Collard a 2 km/h en pre-floración presentaron una superficie foliar secundaria significativamente mayor que las cepas control (sin deshojar).

Si se consideran los dos años de estudio, el deshojado precoz en la variedad Tempranillo solamente alteró significativamente la superficie foliar secundaria, y en ningún caso la interacción año x tratamiento resultó significativa (Tabla 4.2).

Tabla 4.2. Análisis de varianza de la superficie foliar principal (SFP), secundaria (SFS) y total (SFT) por pámpano en vendimia, en cepas de Tempranillo (Ollauri, La Rioja) durante los años 2007 y 2008. Valores de probabilidad de los factores tratamiento, año e interacción año x tratamiento.

Factor	SFP/pámpano (cm ²)	SFS/pámpano (cm ²)	SFT/pámpano (cm ²)
Tratamiento	0.104	0.015	0.192
Año	0.371	<0.001	<0.001
Tratamiento x Año	0.245	0.466	0.267

B. GRACIANO

La superficie foliar eliminada en el momento del deshojado en el año 2009, así como la influencia del deshojado precoz en la superficie foliar principal, secundaria y total en el momento de vendimia, en la variedad Graciano, se muestra en la tabla 4.3 para los años 2008 y 2009.

El deshojado en pre-floración eliminó un 95 % de la superficie foliar principal por pámpano del tratamiento control en ese momento, mientras que en cuajado la

superficie foliar eliminada supuso entre un 60-80 %. Sin embargo, en términos absolutos, la superficie foliar eliminada fue mayor cuando el deshojado se realizó en cuajado frente al llevado a cabo en en pre-floración. En esta época, no se observaron diferencias entre los tratamientos manual y mecánico. Sin embargo, en cuajado, la superficie foliar eliminada manualmente fue mayor que la eliminada de forma mecánica.

El deshojado precoz redujo de forma significativa las superficies foliar principal y total alcanzadas en vendimia, en la variedad Graciano en los dos años de estudio. En términos de superficie foliar principal, la reducción se manifestó en cepas deshojadas en pre-floración y cuajado, no observándose diferencias entre los tratamientos manuales y mecánico. La contribución de la superficie foliar principal y secundaria a la superficie foliar total en la variedad Graciano se representa como porcentajes en los gráficos de la figura 4.2 para los años 2008 y 2009.

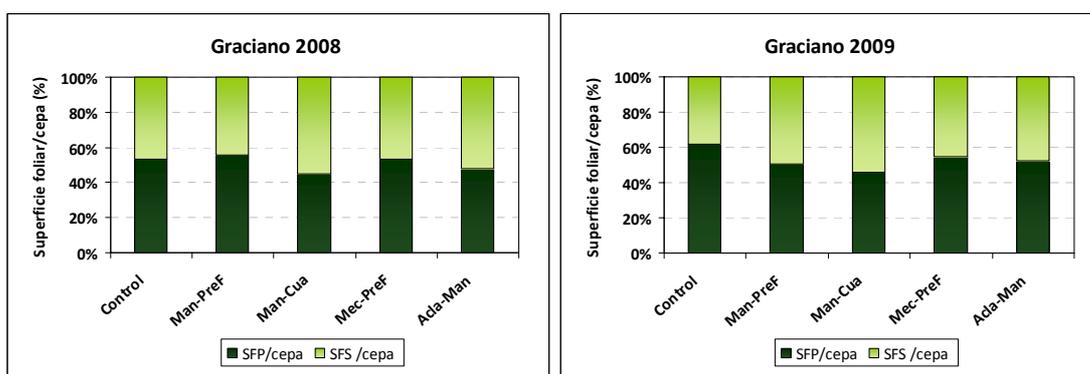


Figura 4.2. Superficie foliar principal (SFP) y secundaria (SFS) en vendimia, expresadas como porcentaje de la superficie foliar total para todos los tratamientos estudiados en Graciano en los años 2008 y 2009.

A nivel particular, el deshojado manual de 8 hojas en cuajado provocó una disminución de la superficie foliar principal en ambos años. Sin embargo, dicha disminución no se tradujo en una menor superficie foliar total, salvo en el año 2008. Por otro lado, la superficie foliar secundaria se redujo significativamente en cepas deshojadas en pre-floración, tanto manual como mecánicamente, en el año 2008, contribuyendo de forma clara en la menor superficie foliar total respecto al control.

Tabla 4.3. Superficie foliar (SF) eliminada por el deshojado precoz y su porcentaje (%) respecto a la superficie foliar principal del control en el momento del deshojado. Influencia del deshojado precoz en la superficie foliar principal (SFP), secundaria (SFS) y total (SFT) en vendimia en la variedad Graciano, en los años 2008 y 2009. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Ollauri, La Rioja.

Tratamiento	Año 2008			Año 2009				
	Superficie foliar final			Superficie foliar eliminada		Superficie foliar final		
	SFP/pámpano (cm ²)	SFS/pámpano (cm ²)	SFT/pámpano (cm ²)	SF eliminada/pámpano (cm ²)	SF eliminada/pámpano (% del control)	SFP/pámpano (cm ²)	SFS/pámpano (cm ²)	SFP/pámpano (cm ²)
Control	1271 (134.9)	1122 (167.3)	2393 (244.7)	0 (0)	0 (0)	1566 (77.9)	950 (190.9)	2496 (224.7)
Manual Pre-Floración 8 hojas	976 (150.6)	762 (149.1)	1738 (254.1)	749 (33.6)	95.8 (0.59)	1187 (98.8)	1048 (219.0)	2235 (300.4)
Manual Cuajado 8 hojas	814 (120.8)	995 (236.7)	1809 (310.3)	1119 (49.4)	79.7 (1.93)	1057 (86.6)	1263 (190.2)	2292 (242.3)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	935 (127.7)	822 (178.5)	1757 (263.3)	798 (38.7)	94.3 (1.94)	1023 (105.7)	806 (160.2)	1816 (252.6)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	---	---	---	828 (60.5)	59.8 (4.08)	---	---	---
Aclareo Manual	---	---	---	0 (0)	0 (0)	1592 (99.5)	1561 (242.8)	3119 (280.6)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes								
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.014	0.207	0.033	<0.001	<0.001	<0.001	0.699	0.190
Control vs Deshojado pre-floración	0.042	0.035	0.038	<0.001	<0.001	<0.001	0.927	0.131
Control vs Deshojado cuajado	0.014	0.629	0.114	<0.001	<0.001	<0.001	0.275	0.574
Pre-floración vs Cuajado	0.402	0.401	0.855	<0.001	<0.001	0.334	0.475	0.849
Manual vs Mecánico	0.821	0.819	0.960	0.004	<0.001	0.229	0.416	0.043
Aclareo manual vs Deshojado	---	---	---	<0.001	<0.001	<0.001	0.026	<0.001
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)								
Tratamiento	0.031	0.020	0.023	<0.001	<0.001	<0.001	0.075	0.010

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

Por el contrario, en el año 2009 la superficie foliar secundaria no se vio afectada de forma significativa por el deshojado precoz, y solamente las cepas deshojadas mecánicamente en pre-floración mostraron una menor superficie foliar total.

El aclareo manual de racimos no incide en ningún modo en la superficie foliar de las plantas por lo que las cepas correspondientes a este tratamiento no manifestaron diferencias frente al control y sí frente a las cepas deshojadas precozmente (Tabla 4.3).

Teniendo en cuenta los dos años de estudio, los tratamientos de deshojado realizados en la variedad Graciano modificaron significativamente la superficie foliar principal y total, sin alterar la superficie foliar secundaria (Tabla 4.4). En ningún caso, la interacción año x tratamiento resultó significativa.

Tabla 4.4. Análisis de varianza de la superficie foliar principal (SFP), secundaria (SFS) y total (SFT) por pámpano en vendimia, en cepas de Graciano (Ollauri, La Rioja) durante los años 2008 y 2009. Valores de probabilidad de los factores tratamiento, año e interacción año x tratamiento.

Factor	SFP/pámpano (cm ²)	SFS/pámpano (cm ²)	SFT/pámpano (cm ²)
Tratamiento	0.015	0.291	0.039
Año	<0.001	0.143	0.006
Tratamiento x Año	0.127	0.366	0.201

C. MAZUELO

La superficie foliar eliminada en el momento del deshojado en el año 2009, así como la influencia del deshojado precoz en la superficie foliar principal, secundaria y total en el momento de vendimia, en la variedad Mazuelo, se muestra en la tabla 4.5, para los años 2008 y 2009.

El deshojado en pre-floración eliminó entre un 77-90 % de la superficie foliar principal por pámpano del tratamiento control en ese momento, mientras que en cuajado la superficie foliar eliminada supuso entre un 53-75 %. Al igual que se observó para la

variedad Graciano, en términos absolutos, la superficie foliar eliminada fue mayor cuando el deshojado se llevó a cabo en cuajado, y en ambas épocas, la defoliación manual fue más severa en la supresión foliar (entre 11-27 %) que los tratamientos mecánicos.

En términos de la superficie foliar alcanzada en vendimia, el deshojado precoz indujo una reducción significativa de la superficie foliar principal respecto al control, lo que se tradujo en la disminución de la superficie foliar total, sin influencia alguna sobre la superficie foliar secundaria. En el año 2009 el efecto fue más severo en las cepas que habían sido defoliadas mecánicamente en pre-floración, mientras que no se apreciaron diferencias entre los deshojados manuales en pre-floración y cuajado.

Por otro lado, las cepas sometidas a aclareo manual se comportaron en términos de superficie foliar principal, secundaria y total igual que las cepas control, por lo que al igual que éstas, presentaron un desarrollo foliar a todos los niveles superior a los tratamientos de deshojado precoz.

La contribución de las superficies foliares principal y secundaria en la superficie foliar total en la variedad Mazuelo se representa como porcentajes en los gráficos de la figura 4.3 para los años 2008 y 2009. Un aspecto importante a destacar es la diferencia de desarrollo foliar, principal y secundario, así como del porcentaje que representa cada uno en el desarrollo foliar total, entre los dos años de estudio.

En la figura 4.3 puede verse la variación en el porcentaje de superficie foliar total representado por las hojas secundarias (SFS) entre el año 2008, donde osciló entre el 24-35% de la SFT, y el año 2009, donde dicho porcentaje se redujo hasta el 5-16% de la SFT. Ello implica un menor desarrollo de los nietos para todos los tratamientos, incluidos el control y el aclareo manual, en el año 2009 respecto al año anterior (Tabla 4.5).

Tabla 4.5. Superficie foliar (SF) eliminada por el deshojado precoz y su porcentaje (%) respecto a la superficie foliar principal del control en el momento del deshojado. Influencia del deshojado precoz en la superficie foliar principal (SFP), secundaria (SFS) y total (SFT) en vendimia en la variedad Mazuelo, en los años 2008 y 2009. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Hormilla, La Rioja.

Tratamiento	Año 2008			Año 2009				
	Superficie foliar final			Superficie foliar eliminada		Superficie foliar final		
	SFP/pámpano (cm ²)	SFS/pámpano (cm ²)	SFT/pámpano (cm ²)	SF eliminada/pámpano (cm ²)	SF eliminada/pámpano (% del control)	SFP/pámpano (cm ²)	SFS/pámpano (cm ²)	SFP/pámpano (cm ²)
Control	2861 (118.3)	361 (75.2)	3222 (139.1)	0 (0)	0 (0)	2580 (90.3)	142 (45.3)	2716 (111.2)
Manual Pre-Floración 8 hojas	1512 (105.7)	397 (107.9)	1909 (188.1)	1447 (67.8)	90.9 (1.49)	1375 (71.6)	173 (40.9)	1541 (85.9)
Manual Cuajado 8 hojas	1807 (77.2)	575 (117.1)	2382 (175.3)	1887 (76.7)	74.8 (2.07)	1230 (94.8)	90 (31.7)	1320 (107.8)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	1634 (124.0)	537 (110.1)	2171 (189.0)	1294 (87.3)	76.8 (4.13)	999 (85.6)	185 (42.9)	1183 (95.5)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	---	---	---	1374 (98.2)	53.1 (2.70)	---	---	---
Aclareo Manual	2235 (113.4)	436 (89.1)	2671 (164.7)	0 (0)	0 (0)	2389 (132.2)	164 (40.3)	2553 (157.4)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes								
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.004	0.217	0.002	<0.001	<0.001	<0.001	0.887	<0.001
Control vs Deshojado pre-floración	0.326	0.389	0.678	<0.001	<0.001	<0.001	0.472	<0.001
Control vs Deshojado cuajado	0.848	0.125	0.334	<0.001	<0.001	<0.001	0.367	<0.001
Pre-floración vs Cuajado	0.583	0.211	0.498	<0.001	<0.001	0.295	0.148	0.175
Manual vs Mecánico	0.779	0.345	0.458	<0.001	<0.001	0.007	0.841	0.027
Aclareo manual vs Deshojado	0.046	0.563	0.209	<0.001	<0.001	<0.001	0.760	<0.001
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)								
Tratamiento	0.049	0.504	0.019	<0.001	<0.001	<0.001	0.887	<0.001

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

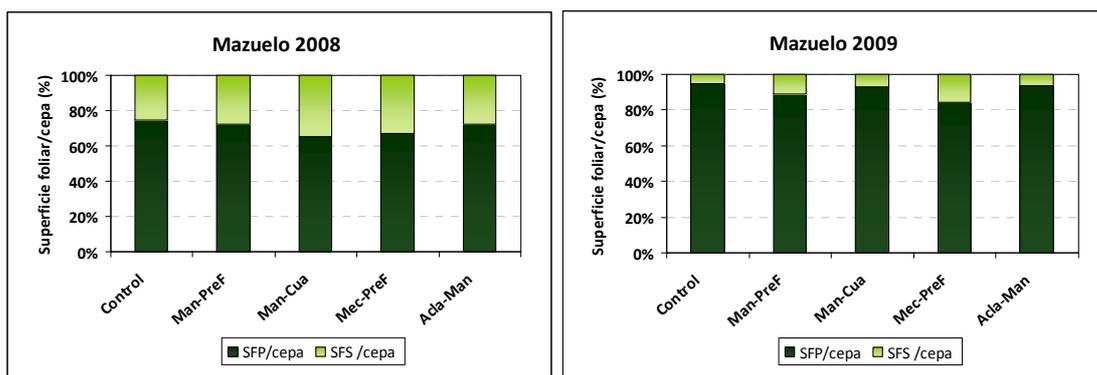


Figura 4.3. Superficie foliar principal (SFP) y secundaria (SFS) en vendimia, expresadas como porcentaje de la superficie foliar total para todos los tratamientos estudiados en Mazuelo en los años 2008 y 2009.

Cuando se consideraron ambos años de forma conjunta, el análisis de varianza (Tabla 4.6) reveló diferencias significativas debidas a los tratamientos en la superficie foliar principal y total, en cepas de la variedad Graciano. En ningún caso la interacción año x tratamiento resultó significativa.

Tabla 4.6. Análisis de varianza de la superficie foliar principal (SFP), secundaria (SFS) y total (SFT) en vendimia, en cepas de Mazuelo (Hormilla, La Rioja) durante los años 2008 y 2009. Valores de probabilidad de los factores tratamiento, año e interacción año x tratamiento.

Factor	SFP/pámpano (cm ²)	SFS/pámpano (cm ²)	SFT/pámpano (cm ²)
Tratamiento	0.001	0.708	0.001
Año	<0.001	<0.001	<0.001
Tratamiento x Año	0.329	0.392	0.401

4.1.2. POROSIDAD DE LA CANOPY Y EXPOSICIÓN DE LOS RACIMOS

Una buena porosidad de la canopy, que permita el paso de la radiación solar y una aireación adecuada, unida a una exposición correcta de los racimos, contribuyen a mejorar la maduración, el estado sanitario y la calidad de la uva producida.

A. TEMPRANILLO

La porosidad de la canopy o pared vegetativa, así como la exposición de hojas y racimos en cepas de la variedad Tempranillo para distintos tratamientos de deshojado precoz y aclareo manual se recogen en la tabla 4.7. La figura 4.4 muestra algunos ejemplos de las fotografías de la canopy para el control y de los principales tratamientos de deshojado precoz estudiados.

El deshojado precoz indujo un incremento significativo de la porosidad de la canopy y de la exposición de los racimos. Además, la defoliación causó una disminución de la proporción de hojas verdes así como un muy leve aumento del porcentaje de hojas amarillas o secas. Un parámetro especialmente interesante es la exposición o número de píxeles de racimo por cada kilogramo de uva producido en la cepa, ya que permite comparar la exposición de los racimos entre cepas o tratamientos con marcadas diferencias productivas.

El deshojado precoz provocó un aumento significativo de la exposición por unidad productiva (píxeles racimos/producción uva), especialmente en los tratamientos realizados en pre-floración, donde el porcentaje de píxeles de racimo por kilogramo de uva producida fue entre dos y tres veces superior al del control (sin deshojar).

En lo que respecta al resto de factores evaluados, la eliminación manual de 4 hojas en pre-floración se mostró insuficiente, en comparación con la eliminación de 8 hojas, para inducir un incremento de la exposición de los racimos tanto de forma absoluta como por unidad productiva. Sin embargo, en cuajado, ambas intensidades de deshojado manual provocaron incrementos similares de exposición de racimos y de porosidad de la vegetación.

Tabla 4.7. Influencia del deshojado precoz en la porosidad de la canopy y exposición de racimos y de hojas en cepas de Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) en el año 2008. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Ollauri, La Rioja.

Tratamiento	Racimos (%píxeles)	Racimos/Producción uva (píxeles/kg uva cepa)	Hojas verdes (% píxeles)	Hojas amarillas-secas (% píxeles)	Porosidad (% píxeles)
Control	3.1 (0.35)	0.82 (0.11)	93.1 (0.89)	2.3 (0.46)	1.5 (0.43)
Manual Pre-Floración 4 hojas	4.0 (0.57)	1.09 (0.13)	88.7 (1.46)	3.3 (0.52)	4.1 (0.87)
Manual Pre-Floración 8 hojas	4.9 (0.67)	1.99 (0.52)	85.0 (0.90)	4.3 (0.66)	5.8 (0.81)
Manual Cuajado 4 hojas	5.4 (0.59)	1.44 (0.19)	83.9 (1.79)	4.5 (0.54)	5.9 (1.20)
Manual Cuajado 8 hojas	6.7 (1.01)	1.64 (0.17)	77.8 (2.76)	6.9 (0.72)	8.6 (1.47)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	6.0 (1.29)	2.80 (0.39)	73.7 (2.68)	7.5 (1.37)	12.8 (1.56)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	2.9 (0.34)	1.02 (0.19)	88.0 (1.94)	3.2 (0.29)	5.9 (1.51)
Mecánico Pre-Floración Tordable 0.5	3.0 (0.59)	1.35 (0.28)	90.1 (1.37)	2.3 (0.32)	4.6 (1.32)
Mecánico Pre-Floración Collard 2	5.2 (0.43)	1.14 (0.08)	87.0 (1.07)	2.9 (0.39)	4.8 (0.68)
Mecánico Pre-Floración Collard 3	3.9 (0.69)	1.15 (0.19)	90.4 (1.07)	2.3 (0.51)	3.5 (0.48)
Aclareo Manual	2.2 (0.36)	0.97 (0.18)	90.7 (0.89)	3.7 (0.44)	3.3 (0.66)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes					
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.013	0.007	<0.001	0.001	<0.001
Control vs Deshojado (ttos prales)	0.004	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Control vs Deshojado pre-floración	0.003	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Control vs Deshojado cuajado	0.039	0.127	<0.001	<0.001	<0.001
Pre-floración vs Cuajado	0.381	0.001	0.049	0.221	0.079
Manual vs Mecánico	0.076	0.758	0.742	0.712	0.062
Man-PreF 4hjs vs Man-PreF 8 hjs	0.231	0.005	0.056	0.174	0.163
Man-Cua 4hjs vs Man-Cua 8 hjs	0.168	0.576	0.005	0.004	0.054
Tipo de deshojadora	0.005	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Mec-PreF Collard 0.5 vs Mec-PreF Collard 2	0.463	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Mec-PreF Collard 2 vs Mec-PreF Collard 3	0.141	0.972	0.121	0.461	0.349
Aclareo manual vs Deshojado	<0.001	0.002	<0.001	0.006	<0.001
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)					
Tratamiento	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

* Las medias resaltadas en **negrita** son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

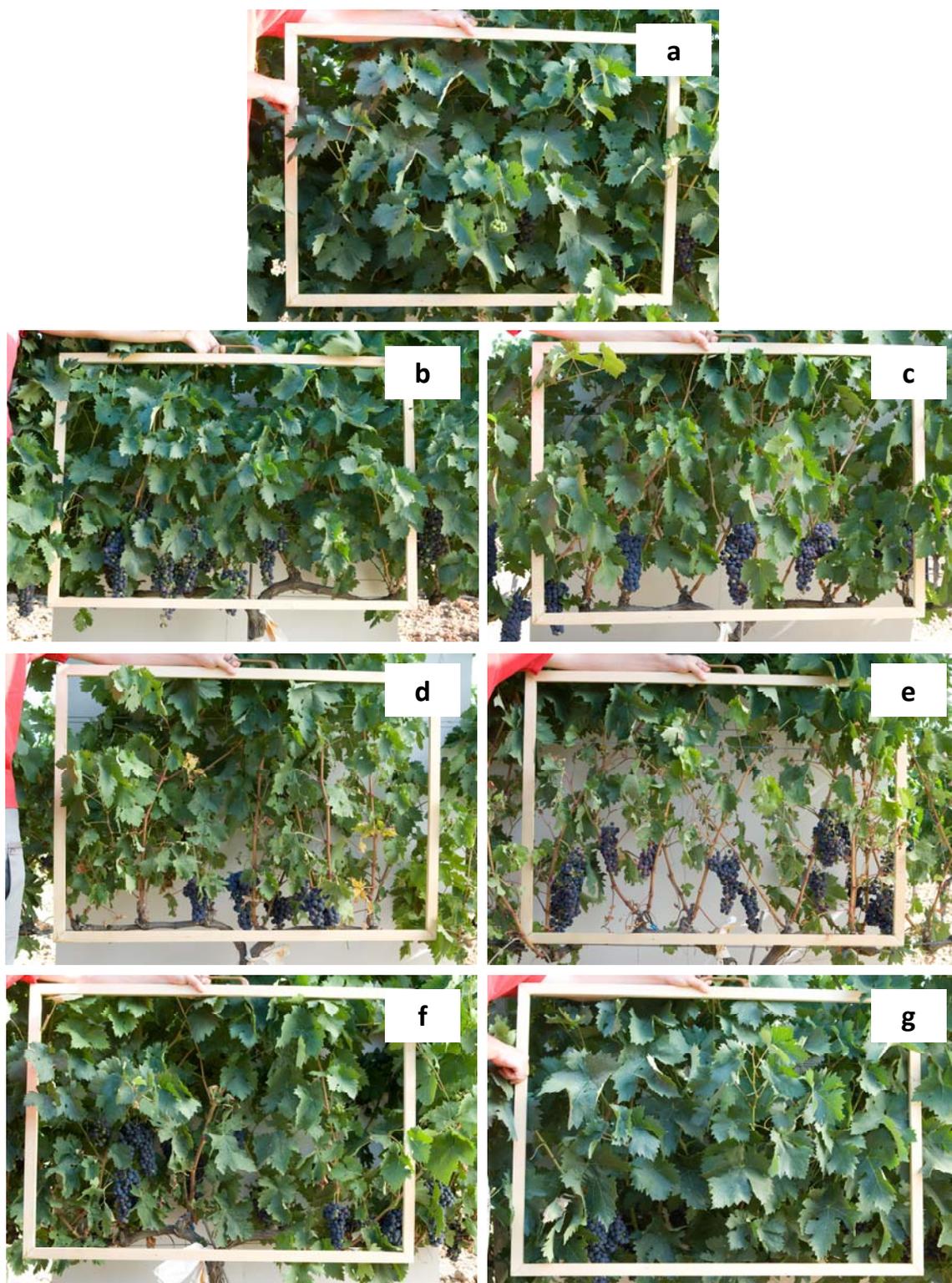


Figura 4.4. Imágenes de la zona productiva de la canopy de cepas de la variedad Tempranillo correspondientes a los siguientes tratamientos: (a) Control; (b) Manual Pre-Floración 8 hojas; (c) Manual Cuajado 8 hojas; (d) Mecánico Pre-Floración Collard 0.5; (e) Mecánico Cuajado Collard 0.5; (f) Mecánico Pre-Floración Collard 2; (g) Aclareo Manual.

En el apartado de tratamientos mecánicos, es importante destacar que tanto el tipo como la velocidad de avance de la deshojadora causaron diferencias significativas en los distintos parámetros de exposición de racimos, hojas y porosidad de vegetación. En este sentido, las cepas tratadas con la deshojadora Collard en pre-floración a 0.5 km/h mostraron racimos más expuestos y una vegetación más porosa que las cepas tratadas a una velocidad superior o con la deshojadora Tordable.

Por otro lado, el deshojado precoz mejoró significativamente la exposición absoluta y por unidad productiva, así como la porosidad de la vegetación respecto al aclareo manual. Además, de forma análoga a lo observado respecto al tratamiento control, el porcentaje de hojas verdes disminuyó a la vez que aumentó ligeramente la proporción de hojas amarillas-secas.

B. GRACIANO

Los parámetros relativos a la porosidad de la canopy, la exposición de hojas y racimos en cepas de la variedad Graciano para distintos tratamientos de deshojado precoz se muestran en la tabla 4.8.

El deshojado precoz indujo un incremento significativo de la exposición de los racimos y de la porosidad de la canopy, así como una disminución de la proporción de hojas verdes, pero no modificó en ningún caso el porcentaje de hojas amarillas-secas. En términos de porcentaje de píxeles de racimos expuestos, el deshojado manual realizado en cuajado indujo una exposición de los racimos superior al doble que la del control (sin deshojar). Sin embargo, cuando se calculó la exposición por kilogramo de uva producida se manifestaron de forma más evidente las diferencias respecto al control, cuya exposición por unidad productiva fue significativamente inferior a las del deshojado manual en cuajado y del deshojado mecánico en pre-floración. En cuanto a la porosidad de la vegetación, esta aumentó significativamente en las cepas deshojadas manualmente, tanto en pre-floración como en cuajado.

Tabla 4.8. Influencia del deshojado precoz en la porosidad de la canopy y exposición de racimos y de hojas en cepas de Graciano (*Vitis vinifera* L.) en el año 2008. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Ollauri, La Rioja.

Tratamiento	Racimos (% píxeles)		Racimos/Producción uva (píxeles/kg uva cepa)		Hojas verdes (% píxeles)		Hojas amarillas-secas (% píxeles)		Porosidad (% píxeles)	
Control	2.1	(0.54)	0.63	(0.12)	87.4	(1.68)	4.5	(0.62)	3.5	(0.84)
Manual Pre-Floración 8 hojas	2.9	(0.49)	1.34	(0.21)	83.6	(2.04)	4.8	(0.68)	6.4	(0.93)
Manual Cuajado 8 hojas	5.3	(0.62)	1.59	(0.12)	82.6	(0.94)	4.3	(0.23)	7.4	(0.55)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	2.5	(0.33)	1.49	(0.19)	84.5	(1.08)	5.0	(0.53)	5.9	(0.63)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes										
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.013		<0.001		0.021		0.779		0.008	
Control vs Deshojado pre-floración	0.331		<0.001		0.058		0.589		0.032	
Control vs Deshojado cuajado	<0.001		<0.001		0.010		0.781		0.002	
Pre-floración vs Cuajado	<0.001		0.274		0.579		0.512		0.424	
Manual vs Mecánico	0.594		0.529		0.658		0.820		0.771	
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)										
Tratamiento	<0.001		<0.001		0.001		0.299		0.050	

* Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

C. MAZUELO

Los parámetros de porosidad de la canopy, exposición de hojas y racimos en cepas de la variedad Mazuelo para distintos tratamientos de deshojado precoz y aclareo manual se muestran en la tabla 4.9.

El deshojado precoz indujo un aumento significativo de la exposición de los racimos y de la porosidad de la canopy, así como una disminución de la proporción de hojas verdes, pero no alteró el porcentaje de hojas amarillas-secas. Del mismo modo que se observó en la variedad Graciano, en términos de racimos expuestos, el deshojado manual realizado en cuajado indujo una exposición de los racimos un 72 % superior a la del control. Sin embargo, el cálculo de la exposición por kilogramo de uva producida, no solo el deshojado manual en cuajado mostró un valor superior al control sino también el deshojado mecánico realizado en pre-floración. Por otra parte, todos los tratamientos de deshojado estudiados indujeron una vegetación más porosa, si bien entre los dos tratamientos manuales, el realizado en cuajado provocó un incremento mayor de la porosidad, mientras que entre los dos tratamientos realizados en pre-floración, no hubo diferencias debidas al modo de ejecución.

En referencia al aclareo manual, esta técnica indujo una exposición de los racimos significativamente inferior al deshojado precoz, así como un menor porcentaje en hojas verdes pero mayor en hojas amarillas-secas que el control. En términos de porosidad de la canopy, no se detectaron diferencias significativas entre el deshojado precoz y el aclareo manual, aunque este tratamiento indujo también un incremento de la porosidad de la vegetación respecto al control.

Tabla 4.9. Influencia del deshojado precoz en la porosidad de la canopy y exposición de racimos y de hojas en cepas de Mazuelo (*Vitis vinifera* L.) en el año 2008. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Hormilla, La Rioja.

Tratamiento	Racimos (% píxeles)		Racimos/Producción uva (píxeles/kg uva cepa)		Hojas verdes (% píxeles)		Hojas amarillas-secas (% píxeles)		Porosidad (% píxeles)	
Control	4.6	(0.43)	1.73	(0.18)	75.6	(1.92)	8.9	(1.08)	9.7	(0.95)
Manual Pre-Floración 8 hojas	5.9	(0.48)	2.55	(0.21)	70.3	(2.02)	7.7	(0.81)	13.2	(1.18)
Manual Cuajado 8 hojas	7.9	(0.50)	3.12	(0.25)	66.1	(0.91)	8.5	(0.43)	16.4	(0.62)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	5.0	(0.39)	2.65	(0.28)	68.7	(1.50)	11.8	(0.83)	13.2	(0.90)
Aclareo Manual	3.1	(0.28)	1.65	(0.19)	69.1	(2.15)	13.8	(1.59)	13.2	(1.07)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes										
Control vs Deshojado (todos ttos)	<0.001		<0.001		<0.001		0.732		<0.001	
Control vs Deshojado pre-floración	0.105		0.002		0.003		0.482		0.003	
Control vs Deshojado cuajado	<0.001		<0.001		<0.001		0.685		<0.001	
Pre-floración vs Cuajado	0.003		0.091		0.086		0.596		0.023	
Manual vs Mecánico	0.175		0.769		0.505		0.004		0.991	
Aclareo manual vs Deshojado	<0.001		<0.001		0.739		<0.001		0.385	
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)										
Tratamiento	<0.001		<0.001		0.001		<0.001		<0.001	

* Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

4.1.3. FERTILIDAD

La fertilidad de las yemas, descrita en función del número de inflorescencias o racimos por pámpano, del número de racimos por cepa y del número de flores por inflorescencia es un factor crítico en la regulación de la producción de uva y responsable en buena medida de las fluctuaciones del rendimiento productivo que se observan entre distintos años.

A. TEMPRANILLO

El número de flores por inflorescencia, el número de racimos por pámpano y por cepa no mostraron diferencias significativas entre el control y los distintos tratamientos de deshojado en la variedad Tempranillo durante el año 2007 (Tabla 4.10). En el año siguiente, el número de flores por inflorescencia fue muy similar en todos los tratamientos, incluido el control, y mostró valores similares a los observados en el año 2007. Sin embargo, en términos de número de racimos por pámpano y por cepa, los valores obtenidos para ambos parámetros fueron, en general, mayores a los del año 2007 para todos los tratamientos. Respecto al control, el deshojado precoz indujo una reducción significativa del número de racimos por cepa en el año 2008, especialmente en los tratamientos realizados en pre-floración, mediante la eliminación manual de 8 hojas, y de forma aún más acusada cuando el deshojado se llevó a cabo mecánicamente. El número de racimos por pámpano solamente disminuyó respecto al control cuando el deshojado se realizó mecánicamente en pre-floración, con la deshojadora de impulsión de aire a 0.5 km/h.

Como era previsible, el aclareo manual de racimos provocó una reducción significativa del número de racimos por pámpano y por cepa respecto al control, pero también respecto al deshojado precoz, en el año 2008.

Tabla 4.10. Influencia del deshojado precoz en el número de flores por inflorescencia, número de racimos por pámpano y por cepa, en cepas de Tempranillo en los años 2007 y 2008. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Ollauri, La Rioja.

Tratamiento	Año 2007			Año 2008		
	Nº flores/ inflorescencia	Nº racimos/ pámpano	Nº racimos/ cepa	Nº flores/ inflorescencia	Nº racimos/ pámpano	Nº racimos/ cepa
Control	349.9 (31.40)	1.33 (0.11)	15.0 (0.59)	408.6 (25.30)	1.83 (0.08)	17.4 (0.61)
Manual Pre-Floración 4 hojas	399.2 (22.41)	1.48 (0.11)	16.3 (0.60)	369.9 (24.75)	1.80 (0.10)	17.7 (0.67)
Manual Pre-Floración 8 hojas	351.0 (31.87)	1.43 (0.11)	14.7 (0.78)	417.2 (25.69)	1.80 (0.08)	15.3 (1.07)
Manual Cuajado 4 hojas	376.8 (20.12)	1.45 (0.12)	15.9 (0.77)	378.6 (23.19)	1.80 (0.08)	16.6 (0.60)
Manual Cuajado 8 hojas	413.9 (20.06)	1.54 (0.10)	16.5 (0.68)	404.6 (24.02)	1.72 (0.09)	17.2 (0.62)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	302.6 (21.94)	1.40 (0.11)	14.2 (0.59)	379.2 (27.71)	1.36 (0.11)	11.2 (0.95)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	339.4 (22.27)	1.44 (0.13)	12.9 (0.66)	346.0 (20.73)	1.68 (0.10)	15.8 (0.61)
Mecánico Pre-Floración Pellenc 0.5	345.6 (33.34)	1.32 (0.10)	13.7 (0.81)	---	---	---
Mecánico Pre-Floración Tordable 0.5	---	---	---	386.3 (25.69)	1.57 (0.14)	13.1 (0.84)
Mecánico Pre-Floración Collard 2	---	---	---	440.3 (21.11)	1.88 (0.07)	17.7 (0.78)
Mecánico Pre-Floración Collard 3	---	---	---	335.8 (25.13)	1.74 (0.09)	15.3 (0.77)
Aclareo Manual	---	---	---	---	1.04 (0.08)	11.5 (0.46)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes						
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.753	0.112	0.871	0.336	0.189	0.018
Control vs Deshojado (ttos prales)	0.908	0.342	0.589	0.417	0.062	0.002
Control vs Deshojado pre-floración	0.278	0.553	0.505	0.725	0.025	<0.001
Control vs Deshojado cuajado	0.385	0.258	0.748	0.262	0.237	0.316
Pre-floración vs Cuajado	0.088	0.509	0.671	0.353	0.187	<0.001
Manual vs Mecánico	0.068	0.561	0.005	0.061	0.009	<0.001
Man-PreF 4hjs vs Man-PreF 8 hjs	0.172	0.022	0.092	0.176	0.999	0.023
Man-Cua 4hjs vs Man-Cua 8 hjs	0.293	0.177	0.539	0.465	0.533	0.620
Tipo de deshojadora	0.115	0.602	0.604	0.853	0.118	0.063
Mec-PreF Collard 0.5 vs Mec-PreF Collard 2	---	---	---	0.080	<0.001	<0.001
Mec-PreF Collard 2 vs Mec-PreF Collard 3	---	---	---	0.003	0.283	0.023
Aclareo manual vs Deshojado	---	---	---	---	<0.001	<0.001
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)						
Tratamiento	0.129	0.012	0.003	0.081	<0.001	<0.001

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

Cuando se consideran de forma conjunta los dos años de estudio, el deshojado precoz no modificó ninguno de los tres parámetros de fertilidad evaluados en la variedad Tempranillo (Tabla 4.11). La significación estadística de la interacción tratamiento x año para el número de racimos por cepa refleja las diferencias de comportamiento observadas para este parámetro entre los dos años.

Tabla 4.11. Análisis de varianza del número de flores por inflorescencia, número de racimos por pámpano y por cepa en la variedad Tempranillo (Ollauri, La Rioja) durante los años 2007 y 2008. Valores de probabilidad de los factores tratamiento, año e interacción año x tratamiento.

Factor	Nº flores/inflorescencia	Nº racimos/pámpano	Nº racimos/cepa
Tratamiento	0.338	0.212	0.141
Año	0.034	<0.001	0.037
Tratamiento x Año	0.111	0.085	0.003

B. GRACIANO

El número de flores por inflorescencia, el número de racimos por pámpano y por cepa no mostraron diferencias significativas entre el control y los distintos tratamientos de deshojado en la variedad Graciano durante el año 2008 (Tabla 4.12). En el año 2009, el número de flores por inflorescencia no se vio afectado por el deshojado precoz realizado en el año anterior para ningún tratamiento respecto al control. Además, de forma general, para todos los tratamientos, el número de flores por inflorescencia de la variedad Graciano fue muy similar en los dos años de estudio. Por el contrario, en el año 2009 tanto el número de racimos por pámpano, como por cepa, disminuyeron notablemente en todos los tratamientos, incluido el control.

Tabla 4.12. Influencia del deshojado precoz en el número de flores por inflorescencia, número de racimos por pámpano y por cepa, en cepas de Graciano en los años 2008 y 2009. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Ollauri, La Rioja.

Tratamiento	Año 2008			Año 2009		
	Nº flores/ inflorescencia	Nº racimos/ pámpano	Nº racimos/ cepa	Nº flores/ inflorescencia	Nº racimos/ pámpano	Nº racimos/ cepa
Control	512.1 (31.62)	1.42 (0.10)	15.0 (0.76)	578.5 (39.84)	1.04 (0.04)	11.1 (0.51)
Manual Pre-Floración 8 hojas	516.0 (43.89)	1.28 (0.09)	15.5 (0.92)	538.6 (44.72)	1.29 (0.09)	12.6 (0.64)
Manual Cuajado 8 hojas	604.1 (39.60)	1.56 (0.10)	15.6 (0.74)	531.7 (43.27)	1.24 (0.10)	10.7 (0.50)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	590.9 (49.12)	1.42 (0.10)	14.6 (0.76)	517.3 (38.70)	1.16 (0.10)	7.2 (0.52)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	---	---	---	---	---	8.4 (0.64)
Aclareo Manual	---	---	---	522.8 (39.84)	1.08 (0.09)	9.8 (0.55)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes						
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.227	0.985	0.799	0.304	0.039	0.028
Control vs Deshojado pre-floración	0.418	0.576	0.949	0.320	0.061	0.079
Control vs Deshojado cuajado	0.121	0.307	0.607	0.425	0.071	0.026
Pre-floración vs Cuajado	0.137	0.045	0.971	0.905	0.642	0.587
Manual vs Mecánico	0.205	0.330	0.399	0.715	0.264	<0.001
Aclareo manual vs Deshojado	---	---	---	0.893	0.115	0.909
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)						
Tratamiento	0.258	0.053	0.670	0.849	0.036	<0.001

**Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.*

A nivel de pámpano, el número de racimos aumentó significativamente respecto al control debido al deshojado precoz, mientras que a nivel de cepa, el número de racimos disminuyó cuando la defoliación se llevó a cabo de forma mecánica. En el año 2009, la fertilidad en la variedad Graciano, expresada como número de racimos por pámpano fue tan cercana a 1, que ni este parámetro ni el número de racimos por cepa mostraron diferencias significativas entre el aclareo manual y los tratamientos control y de deshojado precoz.

El análisis de varianza teniendo en cuenta los dos años de forma conjunta reveló que los tratamientos de deshojado precoz no afectaron de forma significativa ni el número de flores por inflorescencia, ni el número de racimos por pámpano y por cepa en la variedad Graciano (Tabla 4.13). La interacción año x tratamiento fue significativa para el número de racimos por cepa, indicando las diferencias observadas entre los tratamientos para los dos años, principalmente debidas al modo de ejecución.

Tabla 4.13. Análisis de varianza del número de flores por inflorescencia, número de racimos por pámpano y por cepa en la variedad Graciano (Ollauri, La Rioja) durante los años 2008 y 2009. Valores de probabilidad de los factores tratamiento, año e interacción año x tratamiento.

Factor	Nº flores/inflorescencia	Nº racimos/pámpano	Nº racimos/cepa
Tratamiento	0.868	0.348	0.282
Año	0.629	<0.001	<0.001
Tratamiento x Año	0.238	0.151	<0.001

C. MAZUELO

El comportamiento de la variedad Mazuelo en los años 2008 y 2009, en términos de los parámetros de fertilidad estudiados fue bastante similar al de la variedad Graciano en los mismos años de estudio (Tabla 4.14).

Tabla 4.14. Influencia del deshojado precoz en el número de flores por inflorescencia, número de racimos por pámpano y por cepa, en cepas de Mazuelo en los años 2008 y 2009. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Hormilla, La Rioja.

Tratamiento	Año 2008			Año 2009		
	Nº flores/ inflorescencia	Nº racimos/ pámpano	Nº racimos/ cepa	Nº flores/ inflorescencia	Nº racimos/ pámpano	Nº racimos/ cepa
Control	676.6 (66.76)	1.96 (0.10)	18.4 (0.81)	408.2 (29.91)	1.40 (0.10)	14.6 (0.71)
Manual Pre-Floración 8 hojas	625.2 (60.21)	1.88 (0.09)	17.9 (0.69)	312.3 (25.88)	1.56 (0.51)	14.1 (0.63)
Manual Cuajado 8 hojas	759.3 (65.96)	1.80 (0.10)	17.4 (0.75)	375.2 (37.36)	1.46 (0.10)	14.7 (0.69)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	605.6 (61.02)	1.73 (0.12)	16.3 (0.72)	397.2 (39.51)	1.32 (0.10)	8.9 (0.60)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	---	---	---	---	---	11.6 (0.53)
Aclareo Manual	---	1.00 (0.00)	11.6 (0.42)	407.2 (51.66)	1.09 (0.06)	10.0 (0.36)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes						
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.977	0.081	0.144	0.283	0.676	0.001
Control vs Deshojado pre-floración	0.415	0.074	0.134	0.246	0.736	<0.001
Control vs Deshojado cuajado	0.139	0.228	0.321	0.535	0.663	0.042
Pre-floración vs Cuajado	0.071	0.528	0.621	0.238	0.448	0.007
Manual vs Mecánico	0.459	0.088	0.107	0.111	0.079	<0.001
Aclareo manual vs Deshojado	---	<0.001	<0.001	0.302	0.002	0.001
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)						
Tratamiento	0.079	<0.001	0.005	0.341	<0.001	<0.001

**Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.*

De forma análoga a las variedades Tempranillo y Graciano, el número de flores por inflorescencia, así como el número de racimos por pámpano y por cepa no mostraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos de deshojado y el control, en el año 2008. En el año 2009 se observó una reducción notable de la fertilidad en las cepas de la variedad Mazuelo respecto al año anterior, que se manifestó en los tres parámetros evaluados. El deshojado precoz en el año 2008 no indujo cambios significativos ni en el número de flores por inflorescencia ni en el número de racimos por pámpano en el año 2009.

Sin embargo, el número de racimos por cepa disminuyó como consecuencia de la eliminación de hojas alrededor de la floración, sobre todo cuando esta se llevó a cabo mecánicamente, tanto en pre-floración como en cuajado. Por otro lado, como era esperable, el aclareo manual de racimos mostró un número de racimos por pámpano y por cepa significativamente inferior al control y a los tratamientos de deshojado precoz en los dos años de estudio.

Al evaluar de forma conjunta los resultados de los dos años, el análisis de varianza reveló que los tratamientos de deshojado no provocaron diferencias significativas en ninguno de los tres parámetros de fertilidad evaluados en la variedad Mazuelo (Tabla 4.15.). Sin embargo, las discrepancias observadas entre los tratamientos en cada año para el número de racimos por pámpano y por cepa se manifestaron en la significación estadística de la interacción año x tratamiento para ambos parámetros.

Tabla 4.15. Análisis de varianza del número de flores por inflorescencia, número de racimos por pámpano y por cepa en la variedad Mazuelo (Hormilla, La Rioja) durante los años 2008 y 2009. Valores de probabilidad de los factores tratamiento, año e interacción año x tratamiento.

Factor	Nº flores/inflorescencia	Nº racimos/pámpano	Nº racimos/cepa
Tratamiento	0.508	0.063	0.065
Año	<0.001	<0.001	<0.001
Tratamiento x Año	0.088	0.017	<0.001

4.1.4. TASA DE CUAJADO

La tasa de cuajado, o porcentaje de flores que se transforman en fruto, es un parámetro clave a evaluar cuando se estudia el efecto del deshojado precoz en el control de la producción.

A. TEMPRANILLO

La tasa de cuajado del racimo basal para los distintos tratamientos de deshojado en Tempranillo en los años 2007 y 2008 se muestra en las tablas 4.16 y 4.17, respectivamente. La tasa de cuajado se redujo de forma significativa en los dos años de estudio debido al deshojado precoz realizado en pre-floración. Cuando el deshojado se realizó en cuajado, la tasa de cuajado se vio reducida frente al control solamente en el año 2007. Además, la reducción de la tasa de cuajado de los tratamientos de deshojado mecánico fue más acusada que la de los deshojados manuales. Asimismo, el deshojado en pre-floración con la máquina Collard, de impulsión de aire, indujo una reducción mayor de la tasa de cuajado que la máquina Tordable, de aspiración y corte. La comparación entre la deshojadora Collard y Pellenc, también del tipo aspiración y corte, no arrojó diferencias significativas para este parámetro en el año 2007. Otro aspecto importante a destacar relacionado con la mecanización es la influencia de la velocidad de avance. En este sentido, el efecto más severo sobre la tasa de cuajado se produjo cuando la máquina avanzaba a 0.5 km/h y no se observaron diferencias significativas entre los deshojados realizados a 2 y 3 km/h. Por otro lado, tampoco se manifestaron diferencias en la tasa de cuajado debidas a la intensidad de deshojado manual en ninguna de las dos épocas para los dos años. Si se comparan de forma individual los valores de la tasa de cuajado de los distintos tratamientos frente al control, puede observarse que en el año 2007 los tratamientos mecánicos realizados con la máquina Collard en cuajado y con la deshojadora Pellenc en pre-floración indujeron tasas de cuajado significativamente inferiores a la del tratamiento control (no deshojado). En el año 2008, sin embargo, solamente el deshojado mecánico realizado con la máquina Collard en pre-floración a 0.5 km/h redujo significativamente (24%) la tasa de cuajado frente al control.

B. GRACIANO

La tasa de cuajado del racimo basal para los distintos tratamientos de deshojado en Graciano en los años 2008 y 2009 se muestra en las tablas 4.18 y 4.19, respectivamente. En ambos años, la tasa de cuajado en la variedad Graciano se redujo significativamente en los tratamientos de deshojado precoz realizados en pre-floración, obteniéndose los valores más bajos para el deshojado mecánico. Por el contrario, la tasa de cuajado no se vio afectada cuando el deshojado se realizó en cuajado. Por otro lado, se observó también un descenso notable de la tasa de cuajado para todos los tratamientos, incluido el control, en el año 2009, con respecto a los valores obtenidos en el año anterior.

C. MAZUELO

La tasa de cuajado del racimo basal para los distintos tratamientos de deshojado en Mazuelo en los años 2008 y 2009 se muestra en las tablas 4.20 y 4.21, respectivamente. El deshojado precoz indujo una reducción significativa de la tasa de cuajado en la variedad Mazuelo en los dos años de estudio. Esta reducción se manifestó para todos los tratamientos de deshojado estudiados en el año 2009 y solamente para los realizados en pre-floración en el año 2008. A diferencia de lo observado en Tempranillo y Graciano, no se encontraron diferencias significativas entre deshojado mecánico y manual. Por otro lado, los valores de la tasa de cuajado para todos los tratamientos, incluido el control, fueron semejantes en ambos años.

Tabla 4.16. Influencia del deshojado precoz en la tasa de cuajado, sanidad y componentes de la producción del racimo basal en cepas de Tempranillo en el año 2007. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Ollauri, La Rioja.

Tratamiento	Tasa cuajado ^a (%)	Nº bayas/racimo ^a	Compacidad ^a	Peso racimo ^a (g)	Botrytis ^a (%)	Peso 1 baya ^a (g)
Control	54.8 (2.62)	208.0 (18.2)	6.40 (0.33)	376.5 (34.2)	0 (0)	1.67 (0.06)
Manual Pre-Floración 4 hojas	48.9 (3.32)	192.2 (14.3)	6.00 (0.41)	326.0 (25.5)	0.91 (0.42)	1.62 (0.05)
Manual Pre-Floración 8 hojas	43.8 (3.23)	147.4 (13.9)	5.33 (0.45)	257.5 (29.1)	0.25 (0.25)	1.55 (0.08)
Manual Cuajado 4 hojas	49.9 (4.30)	199.5 (14.6)	6.00 (0.48)	357.2 (29.4)	2.11 (1.10)	1.70 (0.07)
Manual Cuajado 8 hojas	51.7 (3.96)	207.0 (16.7)	5.92 (0.29)	361.5 (24.4)	0.22 (0.22)	1.60 (0.05)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	46.3 (3.58)	141.0 (14.1)	4.75 (0.42)	249.1 (29.5)	0 (0)	1.57 (0.06)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	23.8 (4.28)	85.4 (14.4)	2.93 (0.62)	151.1 (24.5)	0.38 (0.38)	1.37 (0.15)
Mecánico Pre-Floración Pellenc 0.5	40.6 (5.07)	108.2 (17.1)	4.81 (0.43)	213.3 (30.8)	0.71 (0.39)	1.44 (0.06)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes						
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.004	0.002	0.005	0.001	0.175	0.108
Control vs Deshojado (ttos prales)	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.675	0.058
Control vs Deshojado pre-floración	0.029	0.001	0.009	<0.001	0.821	0.200
Control vs Deshojado cuajado	<0.001	0.002	<0.001	<0.001	0.599	0.031
Pre-floración vs Cuajado	0.056	0.902	0.155	0.930	0.715	0.267
Manual vs Mecánico	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.931	0.159
Man-PreF 4hjs vs Man-PreF 8 hjs	0.307	0.041	0.252	0.085	0.299	0.438
Man-Cua 4hjs vs Man-Cua 8 hjs	0.719	0.729	0.887	0.914	0.003	0.248
Tipo de deshojadora	0.330	0.138	0.920	0.378	0.266	0.162
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)						
Tratamiento	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.032	0.029

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

^a Todos los componentes de la producción se refieren al racimo basal de cada pámpano marcado en las cepas señaladas.

Tabla 4.17. Influencia del deshojado precoz en la tasa de cuajado, sanidad y componentes de la producción del racimo basal en cepas de Tempranillo en el año 2008. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Ollauri, La Rioja.

Tratamiento	Tasa cuajado ^a (%)	Nº bayas/racimo ^a	Compacidad ^a	Peso racimo ^a (g)	Botrytis ^a (%)	Peso 1 baya ^a (g)
Control	44.1 (2.23)	173.4 (13.02)	4.39 (0.32)	290.3 (19.68)	14.6 (4.59)	1.58 (0.06)
Manual Pre-Floración 4 hojas	38.5 (1.86)	158.8 (13.27)	4.42 (0.19)	292.7 (26.59)	3.7 (1.41)	1.71 (0.06)
Manual Pre-Floración 8 hojas	38.3 (2.27)	151.5 (8.83)	3.75 (0.31)	259.8 (19.38)	6.7 (1.32)	1.56 (0.05)
Manual Cuajado 4 hojas	49.6 (2.27)	183.0 (12.12)	5.00 (0.28)	328.3 (23.76)	8.6 (1.92)	1.75 (0.05)
Manual Cuajado 8 hojas	48.7 (2.13)	224.5 (16.80)	5.42 (0.27)	394.2 (26.73)	2.9 (1.14)	1.75 (0.05)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	33.4 (2.01)	110.2 (8.22)	3.09 (0.21)	181.4 (12.88)	1.8 (0.52)	1.63 (0.04)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	38.6 (2.28)	118.7 (8.63)	3.36 (0.21)	192.8 (15.08)	1.6 (0.51)	1.56 (0.04)
Mecánico Pre-Floración Tordable 0.5	50.0 (2.02)	175.5 (14.98)	3.48 (0.19)	265.3 (23.96)	3.9 (1.24)	1.45 (0.08)
Mecánico Pre-Floración Collard 2	42.4 (1.94)	180.8 (10.65)	4.28 (0.28)	319.9 (15.31)	10.4 (2.48)	1.68 (0.05)
Mecánico Pre-Floración Collard 3	48.2 (2.85)	152.5 (7.80)	4.27 (0.31)	286.4 (13.95)	4.7 (1.87)	1.79 (0.04)
Aclareo Manual	---	141.7 (11.69)	4.76 (0.18)	221.1 (19.38)	22.4 (4.22)	1.53 (0.08)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes						
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.657	0.356	0.319	0.639	<0.001	0.253
Control vs Deshojado (ttos prales)	0.072	0.099	0.095	0.152	<0.001	0.540
Control vs Deshojado pre-floración	0.002	0.004	0.002	0.007	<0.001	0.904
Control vs Deshojado cuajado	0.866	0.903	0.997	0.902	<0.001	0.319
Pre-floración vs Cuajado	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.446	0.287
Manual vs Mecánico	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.252	0.268
Man-PreF 4hjs vs Man-PreF 8 hjs	0.245	0.659	0.064	0.248	0.395	0.055
Man-Cua 4hjs vs Man-Cua 8 hjs	0.354	0.012	0.212	0.021	0.151	0.961
Tipo de deshojadora	<0.001	<0.001	0.310	0.006	0.563	0.030
Mec-PreF Collard 0.5 vs Mec-PreF Collard 2	0.004	<0.001	0.001	<0.001	0.013	0.495
Mec-PreF Collard 2 vs Mec-PreF Collard 3	0.063	0.093	0.984	0.250	0.119	0.166
Aclareo manual vs Deshojado	---	0.463	0.002	0.143	<0.001	0.135
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)						
Tratamiento	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

^aTodos los componentes de la producción se refieren al racimo basal de cada pámpano marcado en las cepas señaladas.

Tabla 4.18. Influencia del deshojado precoz en la tasa de cuajado, sanidad y componentes de la producción del racimo basal en cepas de Graciano en el año 2008. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Ollauri, La Rioja.

Tratamiento	Tasa cuajado ^a (%)	Nº bayas/racimo ^a	Compacidad ^a	Peso racimo basal ^a (g)	Botrytis ^a (%)	Peso 1 baya ^a (g)
Control	28.5 (3.16)	164.1 (17.68)	5.12 (0.36)	273.3 (29.87)	2.63 (0.59)	1.53 (0.04)
Manual Pre-Floración 8 hojas	22.7 (2.70)	117.6 (12.97)	3.75 (0.40)	165.8 (18.45)	0.63 (0.34)	1.31 (0.04)
Manual Cuajado 8 hojas	27.9 (3.07)	156.3 (11.90)	4.30 (0.39)	234.4 (21.37)	0.75 (0.41)	1.38 (0.04)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	21.8 (2.06)	109.1 (13.80)	3.70 (0.35)	169.3 (21.65)	0.22 (0.22)	1.32 (0.05)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes						
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.270	0.029	0.016	0.002	<0.001	<0.001
Control vs Deshojado pre-floración	0.029	0.004	0.008	<0.001	<0.001	<0.001
Control vs Deshojado cuajado	0.229	0.702	0.174	0.237	0.011	0.018
Pre-floración vs Cuajado	0.050	0.047	0.318	0.029	0.855	0.265
Manual vs Mecánico	0.228	0.647	0.918	0.906	0.537	0.879
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)						
Tratamiento	0.017	0.002	0.103	<0.001	0.011	0.004

* Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

^a Todos los componentes de la producción se refieren al racimo basal de cada pámpano marcado en las cepas señaladas.

Tabla 4.19. Influencia del deshojado precoz en la tasa de cuajado, sanidad y componentes de la producción del racimo basal en cepas de Graciano en el año 2009. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Ollauri, La Rioja.

Tratamiento	Tasa cuajado ^a (%)	Nº bayas/racimo ^a	Compacidad ^a	Peso racimo basal ^a (g)	Botrytis ^a (%)	Peso 1 baya ^a (g)
Control	41.9 (3.25)	228.4 (15.76)	5.58 (0.27)	367.2 (31.59)	0.20 (0.20)	1.55 (0.06)
Manual Pre-Floración 8 hojas	38.8 (2.85)	202.6 (18.79)	5.19 (0.25)	288.2 (29.50)	0 (0)	1.33 (0.06)
Manual Cuajado 8 hojas	46.9 (2.95)	233.1 (16.44)	5.88 (0.27)	377.9 (26.98)	0 (0)	1.52 (0.04)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	28.8 (2.95)	81.5 (11.02)	3.40 (0.39)	120.1 (19.37)	0 (0)	1.26 (0.04)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	---	---	---	---	---	---
Aclareo Manual	45.0 (3.63)	218.4 (21.05)	5.46 (0.26)	417.5 (46.19)	1.67 (1.30)	1.82 (0.06)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes						
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.293	0.005	0.448	0.005	0.769	0.004
Control vs Deshojado pre-floración	0.036	<0.001	0.398	<0.001	0.785	<0.001
Control vs Deshojado cuajado	0.251	0.843	0.105	0.809	0.808	0.701
Pre-floración vs Cuajado	0.041	0.212	0.081	0.050	0.999	0.011
Manual vs Mecánico	0.036	<0.001	<0.001	<0.001	0.999	0.387
Aclareo manual vs Deshojado	0.062	0.022	0.047	<0.001	0.017	<0.001
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)						
Tratamiento	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

^aTodos los componentes de la producción se refieren al racimo basal de cada pámpano marcado en las cepas señaladas.

Tabla 4.20. Influencia del deshojado precoz en la tasa de cuajado, sanidad y componentes de la producción del racimo basal en cepas de Mazuelo en el año 2008. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Hormilla, La Rioja.

Tratamiento	Tasa cuajado ^a (%)	Nº bayas/racimo ^a	Compacidad ^a	Peso racimo basal ^a (g)	Botrytis ^a (%)	Peso 1 baya ^a (g)
Control	28.2 (1.39)	186.8 (16.20)	5.00 (0.27)	222.4 (19.09)	0 (0)	1.16 (0.05)
Manual Pre-Floración 8 hojas	19.3 (2.18)	108.1 (11.23)	3.17 (0.29)	144.9 (16.55)	0 (0)	1.30 (0.05)
Manual Cuajado 8 hojas	24.7 (1.82)	172.0 (13.15)	4.57 (0.25)	217.0 (18.45)	0 (0)	1.20 (0.07)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	20.2 (2.03)	97.2 (7.25)	4.22 (0.33)	143.1 (13.67)	0.22 (0.22)	1.32 (0.06)
Aclareo Manual	---	142.9 (9.55)	5.55 (0.30)	195.9 (13.60)	0.24 (0.24)	1.30 (0.06)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes						
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.016	<0.001	0.003	0.005	0.643	0.101
Control vs Deshojado pre-floración	0.003	<0.001	<0.001	<0.001	0.512	0.089
Control vs Deshojado cuajado	0.181	0.379	0.291	0.817	0.999	0.666
Pre-floración vs Cuajado	0.017	<0.001	<0.001	0.002	0.999	0.222
Manual vs Mecánico	0.137	0.518	0.011	0.903	0.260	0.769
Aclareo manual vs Deshojado	---	0.222	<0.001	0.152	0.314	0.620
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)						
Tratamiento	0.016	<0.001	<0.001	<0.001	0.521	0.191

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

^aTodos los componentes de la producción se refieren al racimo basal de cada pámpano marcado en las cepas señaladas.

Tabla 4.21. Influencia del deshojado precoz en la tasa de cuajado, sanidad y componentes de la producción del racimo basal en cepas de Mazuelo en el año 2009. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Hormilla, La Rioja.

Tratamiento	Tasa cuajado ^a (%)	Nº bayas/racimo ^a	Compacidad ^a	Peso racimo basal ^a (g)	Botrytis ^a (%)	Peso 1 baya ^a (g)
Control	30.1 (2.53)	123.3 (8.29)	4.20 (0.25)	176.1 (12.33)	3.04 (1.32)	1.40 (0.05)
Manual Pre-Floración 8 hojas	20.8 (1.56)	59.6 (5.49)	3.56 (0.23)	93.6 (8.44)	0.20 (0.20)	1.49 (0.04)
Manual Cuajado 8 hojas	23.4 (1.74)	88.3 (6.16)	3.63 (0.25)	137.0 (10.33)	0.08 (0.08)	1.48 (0.03)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	23.9 (2.85)	34.9 (5.55)	2.55 (0.23)	54.6 (8.37)	0 (0)	1.49 (0.06)
Aclareo Manual	31.1 (2.96)	115.7 (8.91)	4.18 (0.22)	195.1 (17.25)	1.16 (0.82)	1.57 (0.06)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes						
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.005	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.129
Control vs Deshojado pre-floración	0.006	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.126
Control vs Deshojado cuajado	0.040	<0.001	0.086	0.020	0.003	0.287
Pre-floración vs Cuajado	0.407	0.004	0.841	0.008	0.899	0.782
Manual vs Mecánico	0.357	0.013	0.003	0.018	0.833	0.995
Aclareo manual vs Deshojado	0.003	<0.001	0.001	<0.001	0.169	0.172
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)						
Tratamiento	0.006	<0.001	<0.001	<0.001	0.009	0.233

* Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

^a Todos los componentes de la producción se refieren al racimo basal de cada pámpano marcado en las cepas señaladas.

▪ **Análisis de Varianza conjunto para los dos años de estudio: Tempranillo, Graciano y Mazuelo**

Cuando se consideraron ambos años de forma conjunta, la interacción año x tratamiento resultó significativa para la tasa de cuajado en Tempranillo reflejando diferencias en la respuesta de este parámetro a los diferentes tratamientos realizados en cada año (Tabla 4.22). Sin embargo, tanto en Graciano como en Mazuelo, dicha interacción no presentó significación estadística y la tasa de cuajado se vio alterada como consecuencia de los tratamientos de deshojado realizados.

Tabla 4.22. Análisis de varianza de la tasa de cuajado del racimo basal en cepas de Tempranillo (años 2007 y 2008), Graciano y Mazuelo (años 2008 y 2009). Valores de probabilidad de los factores tratamiento, año e interacción año x tratamiento.

Factor	Tasa cuajado (%)		
	Tempranillo	Graciano	Mazuelo
Tratamiento	0.175	0.017	0.016
Año	0.011	<0.001	0.766
Tratamiento x Año	<0.001	0.734	0.788

4.1.5. COMPONENTES DE LA PRODUCCIÓN

El efecto de los distintos tratamientos de deshojado precoz sobre el rendimiento del viñedo se determina fundamentalmente a partir de los componentes de la producción. En este trabajo, se han estudiado los componentes de la producción a nivel de racimo, más concretamente del racimo basal, así como a nivel de cepa.

A. TEMPRANILLO

La influencia del deshojado precoz en la tasa de cuajado, la sanidad y los componentes de la producción del racimo basal y de cepas de Tempranillo se presenta en las tablas 4.16 y 4.23, para el año 2007, y en las tablas 4.17 y 4.24, para el año 2008.

El deshojado precoz indujo una reducción significativa de la producción de uva respecto al control en los dos años de estudio (Tablas 4.23 y 4.24). Dicha reducción fue más acusada cuando el deshojado se realizó en pre-floración y de forma mecánica. A nivel de cepa, la producción se redujo entre un 17-52 % en el año 2007, y entre un 22-57 % en el año 2008, siendo los tratamientos de deshojado mecánico, especialmente los realizados a 0.5 km/h, los que presentaron las menores producciones. La figura 4.5 muestra la variación de la producción de uva por cepa respecto al control (100 %) debida al deshojado precoz en los dos años de estudio.

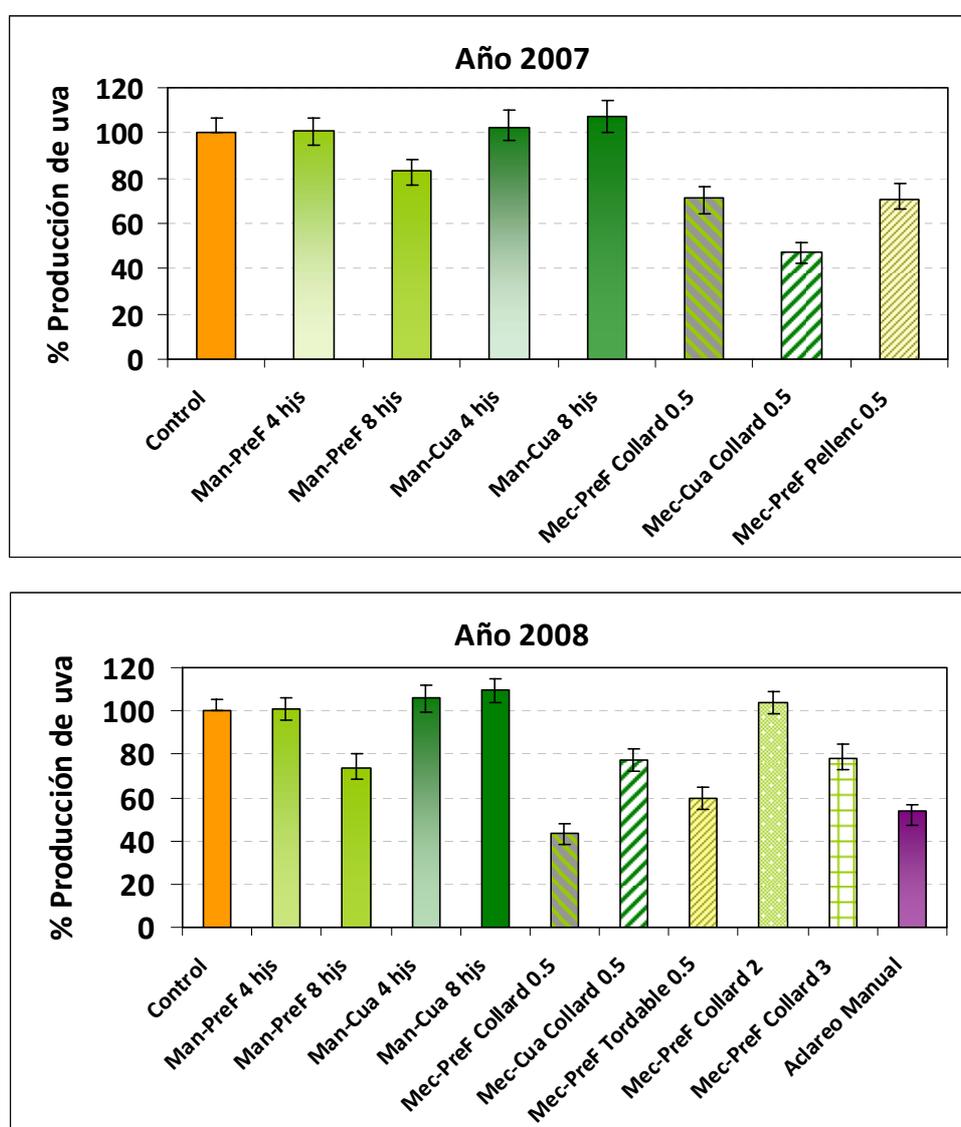


Figura 4.5. Variación de la producción de uva por cepa en la variedad Tempranillo respecto al control (100 %), debida al deshojado precoz. Valores promedio \pm error estándar.

Por otro lado, a una velocidad de trabajo dada, el tipo de deshojadora mostró diferencias significativas en el año 2008, entre las máquinas Collard y Tordable. La influencia del modo de ejecución en la reducción de la producción se mostró especialmente importante en la época de cuajado, ya que el deshojado manual en esta época, con independencia de la intensidad (4 hojas frente a 8 hojas) no indujo disminución alguna de la producción tanto a nivel de pámpano como a nivel de cepa. Sin embargo, el deshojado manual de 8 hojas en pre-floración provocó una reducción de la producción de uva por cepa respecto del control, si bien inferior a la inducida por los tratamientos mecánicos. Además, la eliminación manual de 8 hojas en pre-floración indujo producciones de uva por cepa entre un 17-25 % menores a las de las cepas que habían sufrido la eliminación de las primeras 4 hojas basales en la misma época. Respecto al aclareo manual de racimos, la reducción de la producción provocada por los principales tratamientos de deshojado precoz fue semejante a la causada por eliminación manual del segundo racimo (aclareo manual).

La disminución de la producción de uva debida al deshojado precoz se produjo por disminución del peso medio de racimo, (en algunos tratamientos mecánicos también por reducción del número de racimos por cepa (Tabla 4.10.)). A su vez, la disminución del peso medio de racimo, así como del racimo basal, fue principalmente provocada por una disminución del número de bayas por racimo (Tablas 4.16 y 4.17). La figura 4.6 muestra racimos sueltos de Tempranillo, de bajo número de bayas, obtenidos mediante deshojado precoz.

El peso medio de racimo, el peso de racimo basal y el número de bayas por racimo disminuyeron de forma significativa frente al control cuando el deshojado se realizó en pre-floración, y de forma más acentuada cuando se llevó a cabo mecánicamente y a velocidades de avance bajas, en los dos años de estudio. De forma análoga a lo observado para la producción de uva, la época de deshojado, así como la intensidad de defoliación manual en pre-floración (4 frente a 8 hojas) y el tipo de deshojadora (impulsión de aire frente a aspiración y corte), provocaron una reducción significativa del peso medio de racimo, del peso del racimo basal y del número de bayas por racimo solamente en uno de los dos años. La contribución del peso de baya en la obtención de

racimos de menor peso fue escasa o prácticamente nula, ya que este parámetro no mostró diferencias significativas respecto al control para ningún tratamiento en los dos años de estudio, salvo para el deshojado mecánico con la deshojadora Collard en cuajado en 2007 (Tablas 4.16 y 4.17). Como consecuencia de la igualdad en términos de superficie foliar total entre los tratamientos de deshojado precoz y sin deshojar, y la reducción de la producción inducida por la eliminación temprana de hojas la relación hoja/fruto, expresada como superficie foliar total/producción aumentó de forma significativa debido al deshojado precoz en ambos años (Tablas 4.23 y 4.24).



Figura 4.6. Racimos pequeños y sueltos de Tempranillo obtenidos mediante deshojado precoz.

Tabla 4.23. Influencia del deshojado precoz en los componentes de la producción y en la ratio superficie foliar total / producción (SFT/P) en cepas de Tempranillo en el año 2007. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Ollauri, La Rioja.

Tratamiento	Producción uva/pámpano (g)	Producción uva/cepa (kg)	Peso medio racimo (g)	SFT/Producción (m ² /kg)
Control	467.5 (56.6)	4.59 (0.29)	307.2 (16.2)	1.22 (0.13)
Manual Pre-Floración 4 hojas	481.6 (38.3)	4.63 (0.27)	282.7 (11.6)	1.49 (0.16)
Manual Pre-Floración 8 hojas	368.7 (63.1)	3.81 (0.25)	259.8 (10.9)	1.82 (0.15)
Manual Cuajado 4 hojas	538.4 (47.2)	4.70 (0.35)	292.5 (14.0)	1.28 (0.43)
Manual Cuajado 8 hojas	489.2 (36.5)	4.94 (0.31)	298.3 (13.3)	1.54 (0.16)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	315.9 (41.1)	3.26 (0.23)	230.3 (13.5)	1.61 (0.17)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	194.4 (29.9)	2.18 (0.19)	167.5 (10.7)	2.50 (0.37)
Mecánico Pre-Floración Pellenc 0.5	273.1 (47.2)	3.23 (0.34)	230.0 (16.7)	1.87 (0.33)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes				
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.085	0.015	<0.001	0.024
Control vs Deshojado (ttos prales)	0.019	0.002	<0.001	0.006
Control vs Deshojado pre-floración	0.031	0.003	<0.001	0.055
Control vs Deshojado cuajado	0.032	0.004	<0.001	0.002
Pre-floración vs Cuajado	0.991	0.920	0.373	0.158
Manual vs Mecánico	<0.001	<0.001	<0.001	0.078
Man-PreF 4hjs vs Man-PreF 8 hjs	0.778	0.038	0.217	0.248
Man-Cua 4hjs vs Man-Cua 8 hjs	0.448	0.548	0.762	0.376
Tipo de deshojadora	0.517	0.945	0.989	0.389
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)				
Tratamiento	<0.001	<0.001	<0.001	0.003

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

Tabla 4.24. Influencia del deshojado precoz en los componentes de la producción y en la ratio superficie foliar total / producción (SFT/P) en cepas de Tempranillo en el año 2008. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Ollauri, La Rioja.

Tratamiento	Producción uva/pámpano (g)	Producción uva/cepa (kg)	Peso medio racimo (g)	SFT/Producción (m ² /kg)
Control	434.7 (36.08)	4.11 (0.22)	229.8 (7.77)	0.75 (0.05)
Manual Pre-Floración 4 hojas	402.5 (39.45)	4.15 (0.21)	236.2 (7.31)	0.88 (0.09)
Manual Pre-Floración 8 hojas	380.0 (32.79)	3.03 (0.27)	204.5 (4.78)	1.55 (0.18)
Manual Cuajado 4 hojas	505.7 (43.64)	4.36 (0.24)	262.1 (10.19)	0.97 (0.09)
Manual Cuajado 8 hojas	544.3 (48.76)	4.52 (0.20)	273.1 (9.41)	0.80 (0.07)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	253.4 (29.35)	1.78 (0.20)	149.7 (7.64)	1.85 (0.73)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	267.7 (23.49)	3.18 (0.21)	198.4 (7.91)	1.15 (0.48)
Mecánico Pre-Floración Tordable 0.5	359.3 (31.19)	2.45 (0.21)	178.1 (7.38)	1.24 (0.14)
Mecánico Pre-Floración Collard 2	509.4 (25.00)	4.26 (0.22)	241.0 (8.11)	1.28 (0.13)
Mecánico Pre-Floración Collard 3	437.3 (33.55)	3.21 (0.26)	206.1 (8.42)	1.12 (0.11)
Aclareo Manual	218.8 (19.46)	2.21 (0.12)	195.4 (7.41)	1.85 (0.22)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes				
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.440	0.003	0.116	0.004
Control vs Deshojado (ttos prales)	0.048	<0.001	0.009	<0.001
Control vs Deshojado pre-floración	0.005	<0.001	<0.001	<0.001
Control vs Deshojado cuajado	0.495	0.326	0.545	0.232
Pre-floración vs Cuajado	0.010	<0.001	<0.001	<0.001
Manual vs Mecánico	<0.001	<0.001	<0.001	0.029
Man-PreF 4hjs vs Man-PreF 8 hjs	0.644	<0.001	0.006	0.002
Man-Cua 4hjs vs Man-Cua 8 hjs	0.414	0.605	0.337	0.392
Tipo de deshojadora	0.037	0.030	0.012	0.003
Mec-PreF Collard 0.5 vs Mec-PreF Collard 2	<0.001	<0.001	<0.001	0.007
Mec-PreF Collard 2 vs Mec-PreF Collard 3	0.139	<0.001	0.002	0.430
Aclareo manual vs Deshojado	<0.001	<0.001	0.217	0.003
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)				
Tratamiento	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

El incremento de esta ratio se manifestó en las dos épocas y modos de ejecución a estudio, si bien en el año 2008, más intensamente en los tratamientos realizados en pre-floración y de forma mecánica.

En relación con la mecanización, la deshojadora Collard de impulsión de aire a 0.5 km/h indujo una ratio SFT/P mayor que la deshojadora de aspiración y corte Tordable a 0.5 km/h en el año 2008 y también superior a la SFT/P correspondiente a la deshojadora Collard a 2 km/h.

Por otro lado, se observaron diferencias significativas en la ratio SFT/P entre el aclareo manual y el deshojado precoz, siendo este parámetro mayor en las cepas sometidas a aclareo manual.

Cuando se analizaron los datos de los dos años globalmente, el factor tratamiento resultó significativo para la mayoría de los componentes del racimo basal y de la producción en Tempranillo, a pesar de la significación estadística de la interacción año x tratamiento en algunos casos (Tablas 4.25 y 4.26). Solamente el peso de 1 baya no se vio significativamente afectado por los tratamientos de deshojado realizados mientras que la ratio SFT/P mostraron diferencias en su respuesta frente a los distintos tratamientos, en los dos años de estudio.

Tabla 4.25. Análisis de varianza de los componentes de la producción del racimo basal de cepas de Tempranillo (Ollauri, La Rioja) durante los años 2007 y 2008. Valores de probabilidad de los factores tratamiento, año e interacción año x tratamiento.

Factor	Nº bayas/ racimo ^a	Compacidad ^a	Peso racimo basal (g)	Botrytis ^a (%)	Peso 1 baya ^a (g)
Tratamiento	0.009	0.035	0.008	0.476	0.077
Año	0.243	<0.001	0.139	<0.001	0.042
Tratamiento x Año	0.089	0.011	0.091	<0.001	0.366

^aTodos los componentes de la producción se refieren al racimo basal de cada pámpano marcado en las cepas señaladas.

Tabla 4.26. Análisis de varianza de los componentes de la producción de cepas de Tempranillo (Ollauri, La Rioja) durante los años 2007 y 2008. Valores de probabilidad de los factores tratamiento, año e interacción año x tratamiento.

Factor	Producción uva/pámpano (g)	Producción uva/cepa (kg)	Peso medio racimo (g)	SFT/Producción (m ² /kg)
Tratamiento	0.002	0.019	0.038	0.198
Año	0.668	0.001	<0.001	<0.001
Tratamiento x Año	0.459	<0.001	<0.001	<0.001

B. GRACIANO

La influencia del deshojado precoz en la tasa de cuajado, en la sanidad y en los componentes de la producción del racimo basal y de cepas de Graciano se presenta en las tablas 4.18 y 4.27, para el año 2008, y en las tablas 4.19 y 4.28, para el año 2009.

En los dos años, el deshojado precoz provocó una reducción significativa de la producción de uva, determinada por pámpano y por cepa, en la variedad Graciano, especialmente cuando se llevó a cabo en pre-floración, y de forma mecánica (año 2009) (Tablas 4.27 y 4.28). La figura 4.7 muestra la variación de la producción de uva por cepa respecto al control debida al deshojado precoz. En el año 2008 la producción de uva por cepa se redujo entre un 19-41 % respecto al control, y en el año 2009, entre un 23-75 %. En ambos años, la producción de uva por cepa fue significativamente menor a la del control para todos los tratamientos de deshojado, salvo para el deshojado manual en cuajado. Dicha reducción fue principalmente motivada por una disminución significativa del peso y tamaño del racimo, ya que el peso medio de racimo, el peso del racimo basal y el número de bayas por racimo disminuyeron como consecuencia del deshojado precoz, sobre todo en pre-floración y cuando fue realizado con máquina. A diferencia de lo observado en la variedad Tempranillo, la disminución del peso de racimo no fue solamente debida a una menor tasa de cuajado y por tanto, menor número de bayas por racimo, sino también a una disminución significativa del

peso de la baya para la mayoría de tratamientos de deshojado en ambos años (Tablas 4.18 y 4.19).

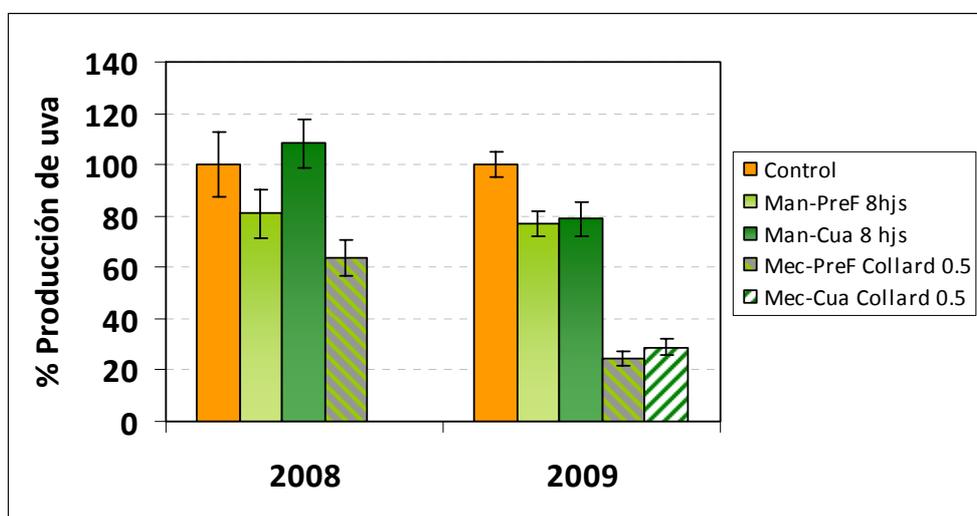


Figura 4.7. Variación de la producción de uva por cepa respecto al control (100 %), debida al deshojado precoz, en la variedad Graciano. Valores promedio \pm error estándar.

La comparación entre el aclareo manual y el deshojado precoz reveló diferencias significativas en los principales componentes de la producción entre ambas técnicas. En este sentido, son especialmente reseñables la disminución significativa en el peso de racimo y número de bayas por racimo observada en los tratamientos de deshojado, junto al aumento significativo del peso de baya en el aclareo manual, con valores incluso superiores al peso de baya del tratamiento control (Tablas 4.18 y 4.19).

Por otro lado, la relación hoja/fruto expresada como superficie foliar total/producción de uva, prácticamente no se alteró por el deshojado precoz en los dos años (Tablas 4.27 y 4.28). Las únicas diferencias se observaron en el año 2008 para el deshojado manual de 8 hojas en cuajado, cuya ratio SFT/P disminuyó un 44% respecto del control, y en el año 2009 para el deshojado mecánico en pre-floración, cuya ratio SFT/P aumentó notablemente (más del doble) respecto del control.

Tabla 4.27. Influencia del deshojado precoz en los componentes de la producción y en la ratio superficie foliar total / producción (SFT/P) en cepas de Graciano en el año 2008. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Ollauri, La Rioja.

Tratamiento	Producción uva/pámpano (g)	Producción uva/cepa (kg)	Peso medio racimo (g)	SFT/Producción (m ² /kg)
Control	319.3 (35.93)	3.04 (0.38)	196.0 (18.40)	1.45 (0.24)
Manual Pre-Floración 8 hojas	196.8 (22.25)	2.46 (0.29)	162.5 (17.60)	1.31 (0.31)
Manual Cuajado 8 hojas	289.2 (26.83)	3.29 (0.29)	215.2 (17.43)	0.81 (0.21)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	197.3 (24.00)	1.93 (0.21)	139.9 (15.16)	1.43 (0.26)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes				
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.004	0.046	0.331	0.338
Control vs Deshojado pre-floración	<0.001	0.019	0.041	0.778
Control vs Deshojado cuajado	0.429	0.553	0.515	0.074
Pre-floración vs Cuajado	0.011	0.046	0.075	0.184
Manual vs Mecánico	0.988	0.203	0.444	0.739
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)				
Tratamiento	<0.001	<0.001	0.103	0.315

**Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.*

Tabla 4.28. Influencia del deshojado precoz en los componentes de la producción y en la ratio superficie foliar total / producción (SFT/P) en cepas de Graciano en el año 2009. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Ollauri, La Rioja.

Tratamiento	Producción uva/pámpano (g)		Producción uva/cepa (kg)		Peso medio racimo (g)		SFT/Producción (m ² /kg)	
Control	375.2	(29.76)	4.29	(0.21)	397.3	(20.27)	0.68	(0.07)
Manual Pre-Floración 8 hojas	337.8	(35.98)	3.29	(0.21)	282.8	(17.26)	0.77	(0.10)
Manual Cuajado 8 hojas	392.6	(33.94)	3.38	(0.29)	313.9	(25.51)	0.78	(0.14)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	110.2	(20.56)	1.04	(0.12)	136.5	(9.97)	1.71	(0.26)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	---	---	1.24	(0.13)	152.7	(12.59)	---	---
Aclareo Manual	431.0	(44.89)	3.82	(0.22)	411.2	(35.11)	0.94	(0.17)
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.013		<0.001		<0.001		0.019	
Control vs Deshojado pre-floración	<0.001		<0.001		<0.001		0.003	
Control vs Deshojado cuajado	0.708		<0.001		<0.001		0.628	
Pre-floración vs Cuajado	0.253		0.965		0.258		0.943	
Manual vs Mecánico	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	
Aclareo manual vs Deshojado	<0.001		<0.001		<0.001		0.411	
Tratamiento	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

Cuando se realizó un análisis de varianza de los datos de los años 2008 y 2009 de forma conjunta (Tablas 4.29 y 4.30), la ratio SFT/P se vio significativamente modificada por los tratamientos de deshojado (Tabla 4.30). El resto de componentes de producción del racimo basal y de la cepa, excepto el peso medio de racimo mostraron diferencias en su respuesta a los diferentes tratamientos entre ambos años, como se manifiesta en la significación estadística de la interacción año x tratamiento para todos ellos.

Tabla 4.29. Análisis de varianza de los componentes de la producción del racimo basal de cepas de Graciano (Ollauri, La Rioja) durante los años 2008 y 2009. Valores de probabilidad de los factores tratamiento, año e interacción año x tratamiento.

Factor	Producción uva/pámpano (g)	Producción uva/cepa (kg)	Peso medio racimo (g)	SFT/Producción (m ² /kg)
Tratamiento	0.406	0.257	0.496	0.015
Año	<0.001	<0.001	<0.001	0.016
Tratamiento x Año	<0.001	<0.001	0.159	0.072

^aTodos los componentes de la producción se refieren al racimo basal de cada pámpano marcado en las cepas señaladas.

Tabla 4.30. Análisis de varianza de los componentes de la producción de cepas de Graciano (Ollauri, La Rioja) durante los años 2008 y 2009. Valores de probabilidad de los factores tratamiento, año e interacción año x tratamiento.

Factor	Nº bayas/racimo ^a	Compacidad ^a	Peso racimo basal (g)	Botrytis ^a (%)	Peso 1 baya ^a (g)
Tratamiento	0.239	0.417	0.368	0.346	0.342
Año	<0.001	<0.001	<0.001	0.039	<0.001
Tratamiento x Año	<0.001	<0.001	<0.001	0.025	<0.001

C. MAZUELO

La influencia del deshojado precoz en la tasa de cuajado, en la sanidad y en los componentes de la producción del racimo basal y de cepas de Mazuelo se presenta en las tablas 4.20 y 4.31, para el año 2008, y en las tablas 4.21 y 4.32, para el año 2009. El deshojado precoz en la variedad Mazuelo redujo significativamente la producción de uva, por pámpano y por cepa en los dos años de estudio, especialmente cuando el

deshojado se realizó en pre-floración (Tablas 4.31 y 4.32). La figura 4.8 muestra la variación de la producción de uva por cepa respecto al control debida al deshojado precoz en la variedad Mazuelo.

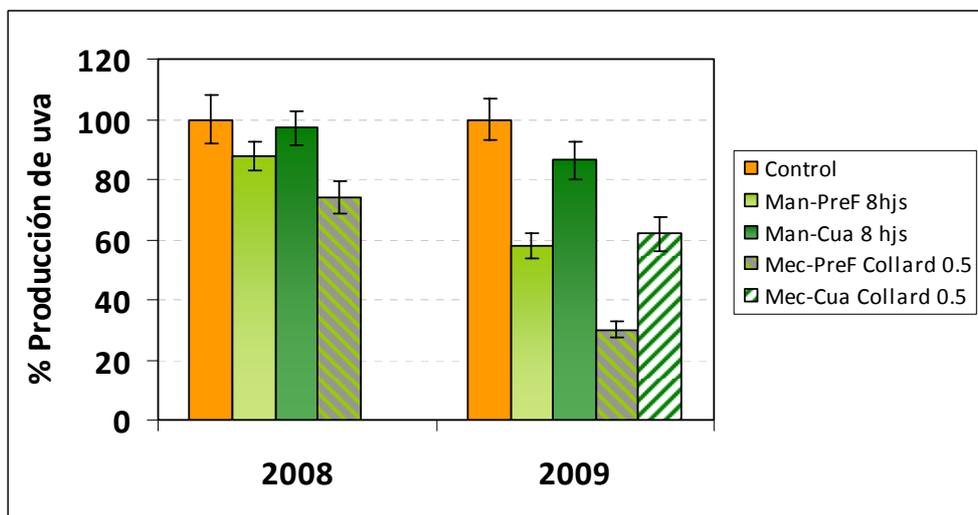


Figura 4.8. Variación de la producción de uva por cepa respecto al control (100 %), debida al deshojado precoz, en la variedad Mazuelo. Valores promedio \pm error estándar.

Además, en el año 2009 se observó que la defoliación mecánica, con independencia de la época, provocó una disminución más acusada de la producción de uva por cepa que los tratamientos manuales. En el año 2008 la producción de uva por cepa se redujo entre un 26-35 % respecto al control, mientras que en el año 2009 la reducción osciló entre un 38-70 %. A nivel de tratamientos individuales, la producción de uva, expresada por pámpano o por cepa, fue inferior a la del control para todos los tratamientos de deshojado excepto para el deshojado manual en cuajado en ambos años. El descenso significativo de la producción debida a la eliminación de hoja alrededor de la floración se manifestó por una disminución significativa del peso y tamaño del racimo, tal y como se ha observado en Tempranillo y Graciano (Tablas 4.20 y 4.21). La disminución del peso medio de racimo, así como del peso y número de bayas del racimo basal fue más importante en las cepas deshojadas en pre-floración, y dentro de éstas, en las deshojadas mecánicamente, con la deshojadora de impulsión de aire.

Tabla 4.31. Influencia del deshojado precoz en los componentes de la producción y en la ratio superficie foliar total / producción (SFT/P) en cepas de Mazuelo en el año 2008. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Hormilla, La Rioja.

Tratamiento	Producción uva/pámpano (g)		Producción uva/cepa (kg)		Peso medio racimo (g)		SFT/Producción (m ² /kg)	
Control	336.6	(29.36)	2.75	(0.22)	158.4	(11.56)	0.68	(0.07)
Manual Pre-Floración 8 hojas	232.2	(26.40)	2.42	(0.13)	141.4	(7.01)	0.70	(0.09)
Manual Cuajado 8 hojas	330.8	(34.18)	2.67	(0.16)	155.1	(8.05)	0.81	(0.10)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	214.1	(25.31)	2.04	(0.15)	131.3	(7.28)	0.76	(0.11)
Aclareo Manual	181.4	(15.98)	1.79	(0.12)	152.3	(7.23)	1.26	(0.15)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes								
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.014		0.049		0.106		0.561	
Control vs Deshojado pre-floración	<0.001		0.009		0.035		0.732	
Control vs Deshojado cuajado	0.879		0.742		0.780		0.395	
Pre-floración vs Cuajado	0.010		0.275		0.248		0.491	
Manual vs Mecánico	0.634		0.092		0.398		0.727	
Aclareo manual vs Deshojado	0.013		0.002		0.315		<0.001	
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)								
Tratamiento	<0.001		0.049		0.106		0.001	

**Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.*

Tabla 4.32. Influencia del deshojado precoz en los componentes de la producción y en la ratio superficie foliar total / producción (SFT/P) en cepas de Mazuelo en el año 2009. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Hormilla, La Rioja.

Tratamiento	Producción uva/pámpano (g)		Producción uva/cepa (kg)		Peso medio racimo (g)		SFT/Producción (m ² /kg)	
Control	221.5	(22.54)	2.26	(0.16)	155.9	(9.12)	1.65	(0.13)
Manual Pre-Floración 8 hojas	135.1	(15.80)	1.31	(0.09)	91.7	(3.90)	1.50	(0.15)
Manual Cuajado 8 hojas	182.9	(17.72)	1.95	(0.14)	132.8	(7.55)	0.88	(0.08)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	65.2	(12.43)	0.68	(0.06)	75.5	(3.73)	2.28	(0.22)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	---	---	1.40	(0.13)	118.4	(7.38)	---	---
Aclareo Manual	206.9	(20.04)	1.84	(0.15)	184.9	(14.70)	1.88	(0.21)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes								
Control vs Deshojado (todos ttos)	<0.001		<0.001		<0.001		0.646	
Control vs Deshojado pre-floración	<0.001		<0.001		<0.001		0.240	
Control vs Deshojado cuajado	0.130		<0.001		0.003		0.002	
Pre-floración vs Cuajado	0.050		<0.001		<0.001		0.014	
Manual vs Mecánico	0.004		<0.001		0.062		0.001	
Aclareo manual vs Deshojado	<0.001		<0.001		<0.001		0.098	
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)								
Tratamiento	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

En lo que respecta al peso de la baya, éste no varió significativamente respecto al control para ningún tratamiento de deshojado precoz, pero aumentó para el aclareo manual en el año 2009 (Tablas 4.20 y 4.21).

Si se compara el aclareo manual frente al deshojado precoz, las principales diferencias se observaron para el peso del racimo basal y número de bayas por racimo. En este sentido la reducción de la producción provocada por el aclareo manual sucede por reducción del número de racimos, sin afectar prácticamente la morfología de los mismos. Justo lo contrario ocurre con el deshojado precoz.

La relación hoja/fruto no se vio alterada debido al deshojado precoz en el año 2008 (Tabla 4.31). Por el contrario, en el año 2009, la relación SFT/P aumentó de forma significativa en las cepas deshojadas mecánicamente en pre-floración, pero sin embargo disminuyó en las cepas que fueron deshojadas de forma manual en cuajado (Tabla 4.32). Frente al aclareo manual, los valores de la SFT/P para los tratamientos de deshojado precoz fueron similares en el año 2009, pero inferiores en el año 2008.

El análisis de varianza de los datos de forma conjunta para los dos años mostró una influencia del factor tratamiento en el número de bayas y peso del racimo basal, así como en el peso de 1 baya (Tabla 4.33).

Tabla 4.33. Análisis de varianza de los componentes de la producción del racimo basal de cepas de Mazuelo (Hormilla, La Rioja) durante los años 2008 y 2009. Valores de probabilidad de los factores tratamiento, año e interacción año x tratamiento.

Factor	Nº bayas/ racimo ^a	Compacidad ^a	Peso racimo basal (g)	Botrytis ^a (%)	Peso 1 baya ^a (g)
Tratamiento	<0.001	0.161	0.039	0.529	0.036
Año	<0.001	<0.001	<0.001	0.012	<0.001
Tratamiento x Año	0.065	0.002	0.027	0.009	0.849

^aTodos los componentes de la producción se refieren al racimo basal de cada pámpano marcado en las cepas señaladas.

La interacción año x tratamiento resultó significativa para el resto de componentes de producción del racimo basal y de la cepa, poniendo de manifiesto las diferencias observadas en la respuesta de estos parámetros a los diferentes tratamientos en cada uno de los años estudiados (Tablas 4.33 y 4.34).

Tabla 4.34. Análisis de varianza de los componentes de la producción de cepas de Mazuelo (Hormilla, La Rioja) durante los años 2008 y 2009. Valores de probabilidad de los factores tratamiento, año e interacción año x tratamiento.

Factor	Producción uva/pámpano (g)	Producción uva/cepa (kg)	Peso medio racimo (g)	SFT/Producción (m ² /kg)
Tratamiento	0.190	0.178	0.219	0.404
Año	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Tratamiento x Año	0.001	<0.001	<0.001	<0.001

4.1.6. COMPACIDAD DEL RACIMO

La compacidad del racimo es una característica fenotípica propia de cada variedad y clon, que representa el nivel de agregación de las bayas en el mismo. Por otro lado, factores como el número de bayas por racimo y tamaño de la baya inciden directamente también en la compacidad.

A. TEMPRANILLO

Los valores de compacidad del racimo basal para todos los tratamientos estudiados en la variedad Tempranillo se muestran en las tablas 4.16 y 4.17, para los años 2007 y 2008, respectivamente. El deshojado precoz contribuyó a una descompactación del racimo, sobre todo en los tratamientos realizados de forma mecánica, en pre-floración y a una velocidad de trabajo lenta. Otros factores, como la intensidad de defoliación manual, el tipo de deshojadora, o la velocidad de trabajo (entre 2 y 3 km/h), no mostraron diferencias significativas entre sí ni respecto al control en términos de compacidad de racimo. Respecto al aclareo manual, el deshojado precoz indujo una disminución de la compacidad del racimo, fundamentalmente causada por los tratamientos mecánicos.

El análisis de varianza de los datos de compacidad del racimo basal de forma conjunta para los dos años reveló que los tratamientos de deshojado realizados modificaron significativamente este parámetro a pesar de mostrar diferencias en la respuesta entre años (Tabla 4.25).

B. GRACIANO

El efecto del deshojado precoz sobre la compacidad del racimo basal en la variedad Graciano se muestra en las tablas 4.18 y 4.19, para los años 2008 y 2009, respectivamente. La compacidad de racimo disminuyó de forma significativa cuando el deshojado se realizó en pre-floración, con independencia del modo de ejecución, en el año 2008. En el año 2009, solamente el deshojado mecánico en pre-floración indujo una reducción en la compacidad del racimo respecto al control y al aclareo manual.

El análisis de varianza conjunto de los datos de compacidad del racimo basal en los años 2008 y 2009 en la variedad Graciano mostró la significación estadística de la interacción año x tratamiento, lo que ratifica las diferencias en la respuesta a los diferentes tratamientos de deshojado observadas en términos de compacidad en cada año estudiado (Tabla 4.29).

C. MAZUELO

La influencia del deshojado precoz en la compacidad del racimo basal en la variedad Mazuelo se presenta en las tablas 4.20 y 4.21 respectivamente, para los años 2008 y 2009. En ambos años, el deshojado precoz dio lugar a racimos significativamente más sueltos, sobre todo cuando se llevó a cabo en pre-floración. La descompactación debida al deshojado precoz fue más eficaz en el año 2009, ya que todos los tratamientos de deshojado mostraron valores de compacidad inferiores al control y al aclareo manual.

Al igual que en la variedad Graciano, la interacción año x tratamiento fue significativa cuando se analizaron conjuntamente los datos de compacidad para los dos años (Tabla 4.33), no observándose una respuesta unánime del factor tratamiento.

4.1.7. ESTADO SANITARIO DE LA UVA

El estado sanitario de la uva, fundamentalmente vinculado a la incidencia de diversas enfermedades fúngicas, con especial atención a la infección por *Botrytis*, es un aspecto crucial en la calidad de la uva y del vino elaborado a partir de ésta.

A. TEMPRANILLO

La influencia del deshojado precoz en el estado sanitario de la uva en la variedad Tempranillo, expresada como incidencia de *Botrytis* (%), se muestra en las tablas 4.16 y 4.17, para los años 2007 y 2008, respectivamente. En el año 2007, el estado sanitario de la uva para todos los tratamientos a estudio, incluido el control fue excepcionalmente bueno, con apenas incidencia de *Botrytis*, tal y como lo indican los porcentajes cercanos a cero para la mayoría de tratamientos. En el año 2008, sin embargo, debido a la mayor humedad y precipitación acumulada, especialmente en junio y octubre (ver Tabla 3.2), la infección por *Botrytis* fue mayor en todos los casos que en el año 2007, y ello permitió observar diferencias entre los distintos tratamientos. En este sentido, el deshojado precoz redujo de forma significativa (entre un 54-89 %) la incidencia de *Botrytis* respecto al control en la mayoría de los tratamientos estudiados. Dentro de los tratamientos mecánicos, no se detectaron diferencias significativas por el tipo de deshojadora, y solamente el deshojado mecánico realizado con la deshojadora Collard a 2 km/h en pre-floración mostró una incidencia de *Botrytis* semejante a la del control. Por otro lado, si se comparan las técnicas de aclareo manual y deshojado precoz, la infección por *Botrytis* se redujo entre un 50-95 % mediante el deshojado precoz con respecto al aclareo manual, en el año 2008.

B. GRACIANO

La influencia del deshojado precoz en el estado sanitario de la uva en la variedad Graciano, expresada como incidencia de *Botrytis* (%), se muestra en las tablas 4.18 y 4.19, para los años 2008 y 2009, respectivamente. En el año 2008, todos los tratamientos de deshojado precoz, en las dos épocas y modos de ejecución indujeron un mejor estado sanitario de la uva que el control, ya que el porcentaje de *Botrytis* fue

significativamente inferior en todos los casos. En el año 2009, caracterizado por ser un año seco, la incidencia de *Botrytis* fue prácticamente nula en todos los tratamientos. Solamente la uva correspondiente al aclareo manual presentó un valor mayor de infección fúngica que los tratamientos de deshojado precoz.

C. MAZUELO

La influencia del deshojado precoz en el estado sanitario de la uva en la variedad Mazuelo, expresada como incidencia de *Botrytis* (%), se muestra en las tablas 4.20 y 4.21, para los años 2008 y 2009, respectivamente. En términos generales se puede afirmar que el estado sanitario de la uva en el momento de vendimia fue muy bueno en los dos años de estudio. Las únicas diferencias debidas al deshojado precoz en este parámetro se observaron en el año 2009, cuando todos los tratamientos de deshojado realizados, tanto en pre-floración como en cuajado, de modo manual o mecánico, redujeron casi por completo la infección por *Botrytis*, que en el las cepas sin deshojar era de un 3 %. Por otro lado, no se observaron diferencias significativas entre las técnicas de deshojado precoz y aclareo manual de racimos.

▪ **Análisis de Varianza conjunto para los dos años de estudio: Tempranillo, Graciano y Mazuelo**

Cuando se realizó un análisis de varianza de forma conjunta del estado sanitario de la uva para los dos años de estudio en las variedades Tempranillo (Tabla 4.25), Graciano (Tabla 4.29) y Mazuelo (Tabla 4.33), el factor tratamiento no mostró una influencia homogénea y la interacción año x tratamiento fue significativa en las tres variedades, indicando diferencias en la respuesta en cada año para los tratamientos realizados.

4.2. EVOLUCIÓN DE LA MADURACIÓN DE LA UVA

La evolución de la maduración de la uva permite identificar diferencias en la acumulación de azúcares y degradación de los ácidos (madurez tecnológica), así como en la acumulación de metabolitos secundarios, como antocianos y otros polifenoles (madurez fenólica). A continuación se muestra la evolución de los distintos parámetros analíticos durante la maduración de la uva en las variedades Tempranillo, Graciano y Mazuelo.

A. TEMPRANILLO

En la figura 4.9 se muestra la evolución del peso de la baya y de los azúcares para los principales tratamientos en los años 2007 y 2008. En ninguno de los dos años de estudio se observaron diferencias en la evolución del peso de baya y del contenido en azúcares entre el control (sin deshojar) y los tratamientos de deshojado. El peso de baya aumentó de forma continua durante los tres primeros muestreos de maduración y después se mantuvo constante o incluso disminuyó, lo que habitualmente se atribuye a un proceso de deshidratación. La acumulación de azúcares en la baya siguió un ritmo similar para todos los tratamientos, incluido el control, como lo demuestra la igualdad de las pendientes en todos los casos. Sin embargo, a lo largo de toda la evolución de la maduración, el contenido en azúcares del control se mantuvo en todos los casos por debajo de los tratamientos de deshojado.

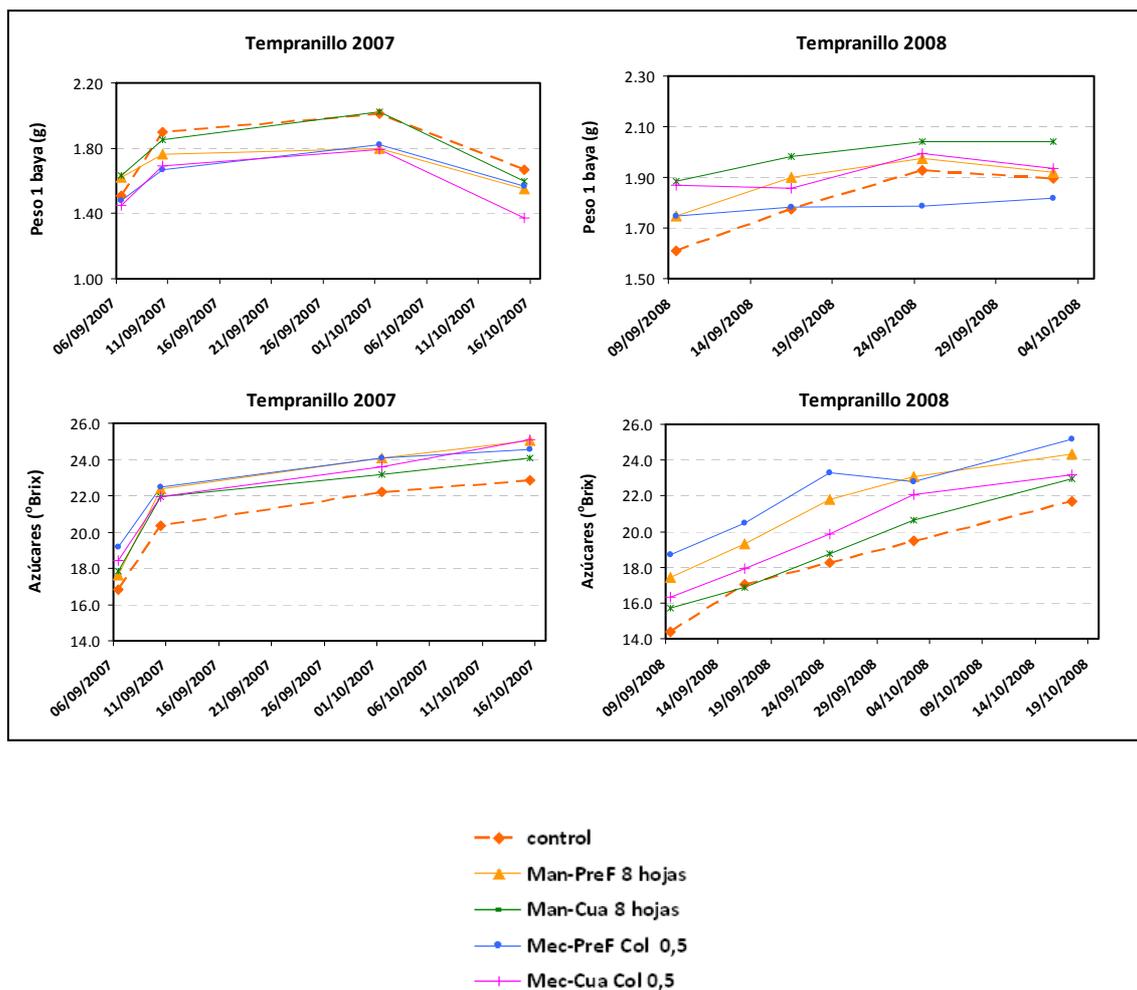


Figura 4.9. Evolución del peso de la baya y del contenido en azúcares durante la maduración de la uva de la variedad Tempranillo en los años 2007 y 2008.

La maduración de la baya implica un descenso de la acidez, como se manifestó en la evolución de los distintos parámetros estudiados (Figura 4.10). El pH ascendió de forma lineal y continua en el año 2008 mientras que en el año 2007, aumentó de forma marcada durante la segunda semana de septiembre hasta alcanzar una asíntota horizontal o “plateau”, que disminuyó durante la segunda quincena de octubre, probablemente debido a una concentración de protones en la baya ligada a la disminución del peso de la misma observado. La acidez total tuvo un descenso lineal en ambos años, debido a la progresiva degradación de los principales ácidos de la uva, málico y tartárico. El rango de valores de pH y acidez total para los distintos tratamientos fue similar en ambos años. Sin embargo, sí se observaron diferencias

entre años en las concentraciones finales de ácido málico y tartárico. Así, el rango de concentraciones de ácido málico en la uva fue de 3-4 g/l en el año 2007, mientras que en el año 2008 dicho rango osciló entre 4-6 g/l. Similar comportamiento se observó para el ácido tartárico, ya que en el año 2007 su concentración final se mantuvo entre 4.8-6 g/l y en el año 2008 entre 7-8.5 g/l. Por otro lado, se pudo apreciar que los tratamientos mecánicos presentaron valores de acidez (expresada en los diferentes parámetros evaluados), en general inferiores al resto de tratamientos, incluido el control, a lo largo de todo el proceso de maduración.

La evolución del color, expresada como antocianos, y de los polifenoles en la baya solamente se llevó a cabo durante el año 2008 (Figura 4.11). De forma general, el contenido en antocianos (mg/baya) y polifenoles totales (UA/baya) en la baya aumentó de forma continua y a velocidad similar para los distintos tratamientos estudiados hasta la tercera semana de septiembre. A partir de entonces, la acumulación de antocianos y polifenoles totales se ralentizó para algunos tratamientos, alcanzando un valor máximo y estable en algunos casos, mientras que para otros continuó a la misma velocidad.

En términos de concentración (contenido expresado por gramo de baya), los antocianos se fueron acumulando de forma continua en todos los casos, mientras que la concentración de polifenoles totales se mantuvo prácticamente constante, con leves variaciones a lo largo del último mes antes de la vendimia. Ello parece indicar un grado de amortiguación mayor debido a la variación del peso de la baya en la concentración de polifenoles que en la de antocianos, muy similar para todos los tratamientos estudiados. Por otro lado, la evolución del color en las uvas del tratamiento control, aunque similar en tendencia y velocidad, se mantuvo por debajo de la mayoría de tratamientos de deshojado, y de forma especialmente marcada respecto a los deshojados mecánicos.

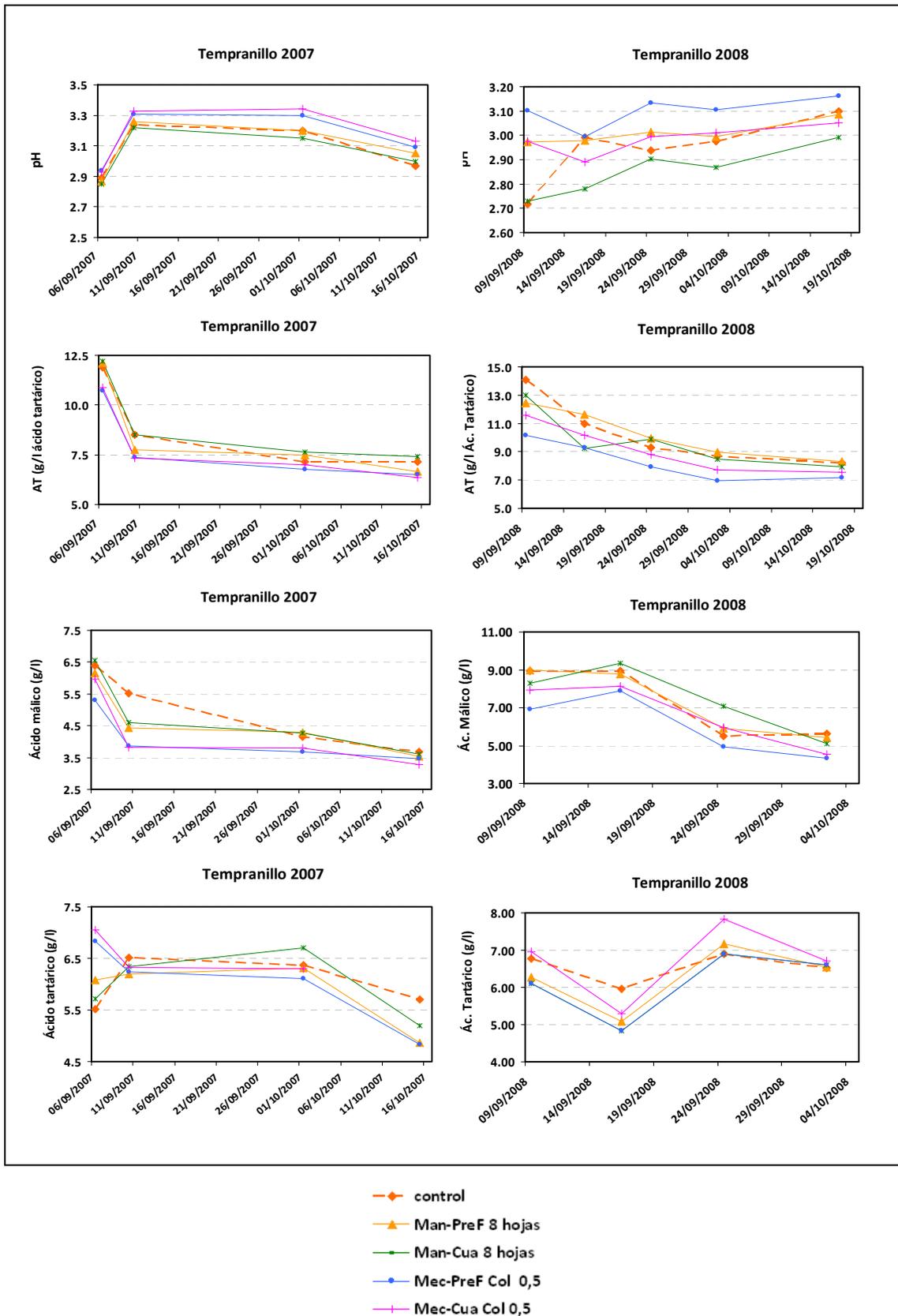


Figura 4.10. Evolución de los principales parámetros de acidez: pH, acidez total (AT), ácido málico y ácido tartárico, durante la maduración de la uva de la variedad Tempranillo en los años 2007 y 2008.

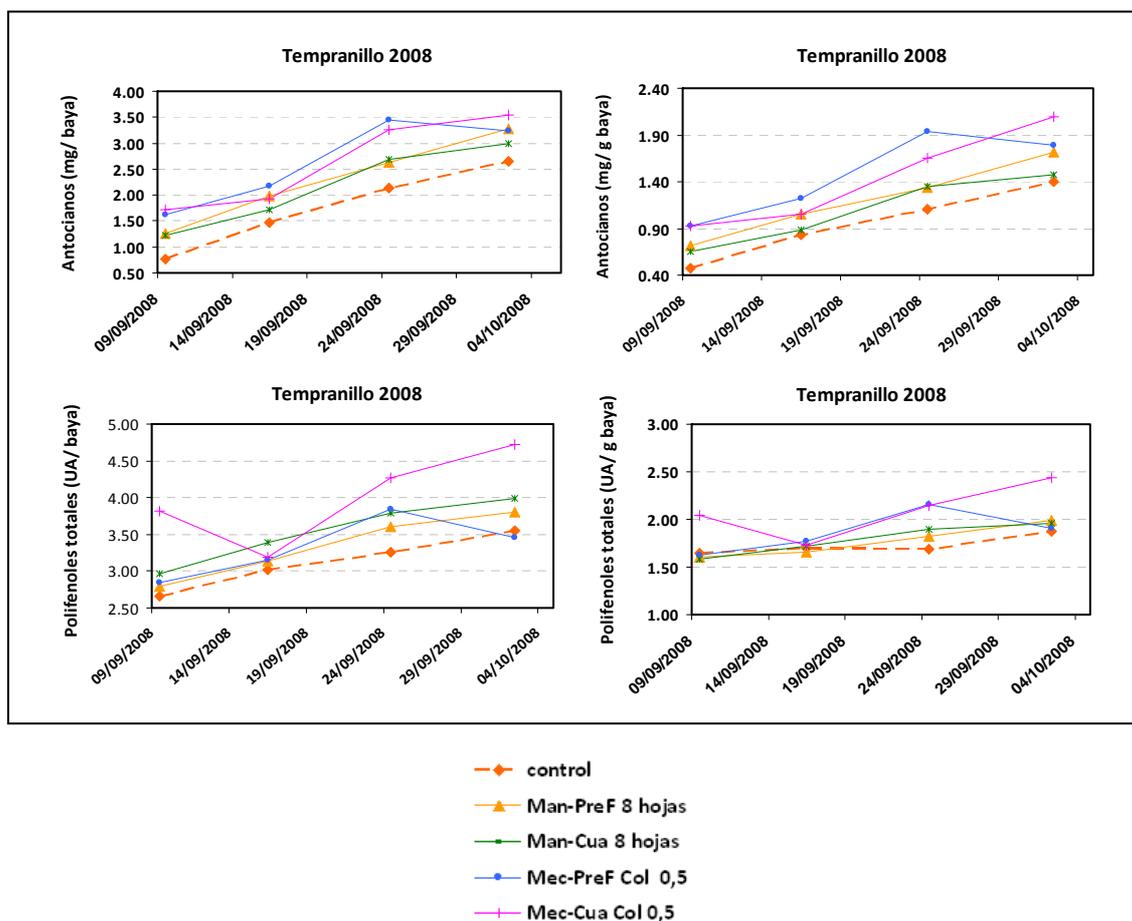


Figura 4.11. Evolución del contenido (mg/baya) y concentración (mg/g baya) de antocianos y polifenoles totales (expresados en unidades de absorbancia, UA) durante la maduración de la uva de la variedad Tempranillo en el año 2008.

B. GRACIANO

En la figura 4.12 se muestra la evolución del peso de la baya y de los azúcares en la variedad Graciano, para los distintos tratamientos en los años 2008 y 2009.

El peso de baya aumentó de forma similar para todos los tratamientos en el año 2008, debido principalmente a la acumulación de azúcares y agua en la misma. Sin embargo, en el año 2009, el peso de la baya prácticamente no varió durante las primeras semanas anteriores a la fecha de vendimia, y disminuyó de forma marcada en la última

semana, probablemente debido al fenómeno de la deshidratación. A pesar de estas diferencias, el peso de la baya de Graciano del tratamiento control fue en todos los casos inferior al peso de la baya de los tratamientos de deshojado, solamente superado por el aclareo manual.

La acumulación de azúcares siguió una evolución creciente a lo largo de las últimas semanas de maduración, y en general, el tratamiento control se mantuvo por debajo de los diferentes tratamientos de deshojado. Precisamente el tratamiento control presentó la mayor velocidad de acumulación de azúcares en el año 2008 en las dos últimas semanas antes de la vendimia.

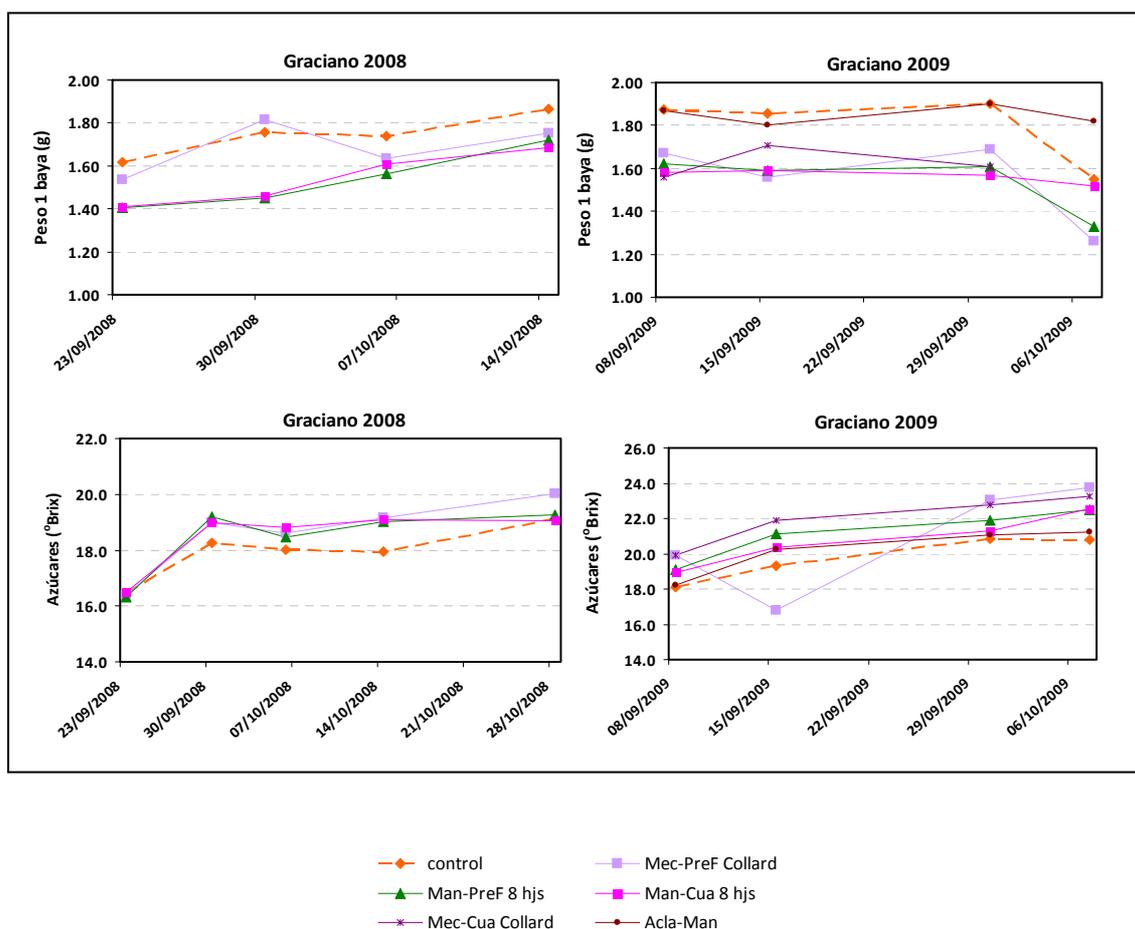


Figura 4.12. Evolución del peso de la baya y del contenido en azúcares durante la maduración de la uva de la variedad Graciano en los años 2008 y 2009.

El descenso de la acidez a lo largo del proceso de maduración se manifestó en todos los parámetros a estudio, si bien en el año 2008 se observó un repunte de la misma en la segunda semana de octubre (Figura 4.13). La evolución ascendente del pH, así como decreciente de la acidez total, y de las concentraciones de ácido málico y tartárico fue muy similar para todos los tratamientos, incluido el control. De forma general, la acidez de la uva de la variedad Graciano fue inferior en el año 2009 que en el 2008. En términos de acidez total dicha diferencia fue de 3 g/l ácido tartárico, observándose una disminución en las concentraciones de ácido málico y tartárico.

Respecto a la madurez fenólica, la acumulación de antocianos se mantuvo a una velocidad constante hasta el momento de vendimia en el año 2008 (Figura 4.14). Similar comportamiento se observó para los polifenoles totales, si bien se detectó un descenso en el contenido y concentración de los mismos en la última semana de septiembre del 2008, para posteriormente aumentar de forma continua durante el resto del proceso de maduración. En el año 2009, sin embargo, ni los antocianos ni el conjunto de compuestos polifenólicos en general, presentaron una clara evolución creciente durante la maduración.

El contenido de antocianos aumentó de forma moderada durante la mayor parte del mes de septiembre, pero disminuyó para el control y el deshojado mecánico en pre-floración, se mantuvo constante para el aclareo manual y el deshojado manual en pre-floración, y solamente aumentó para el deshojado manual en cuajado en la última semana antes de vendimia. A pesar de estas diferencias en el comportamiento entre los distintos tratamientos en la fase final de la maduración, la concentración de antocianos en general aumentó en este tramo, ayudada por la disminución del tamaño de baya.

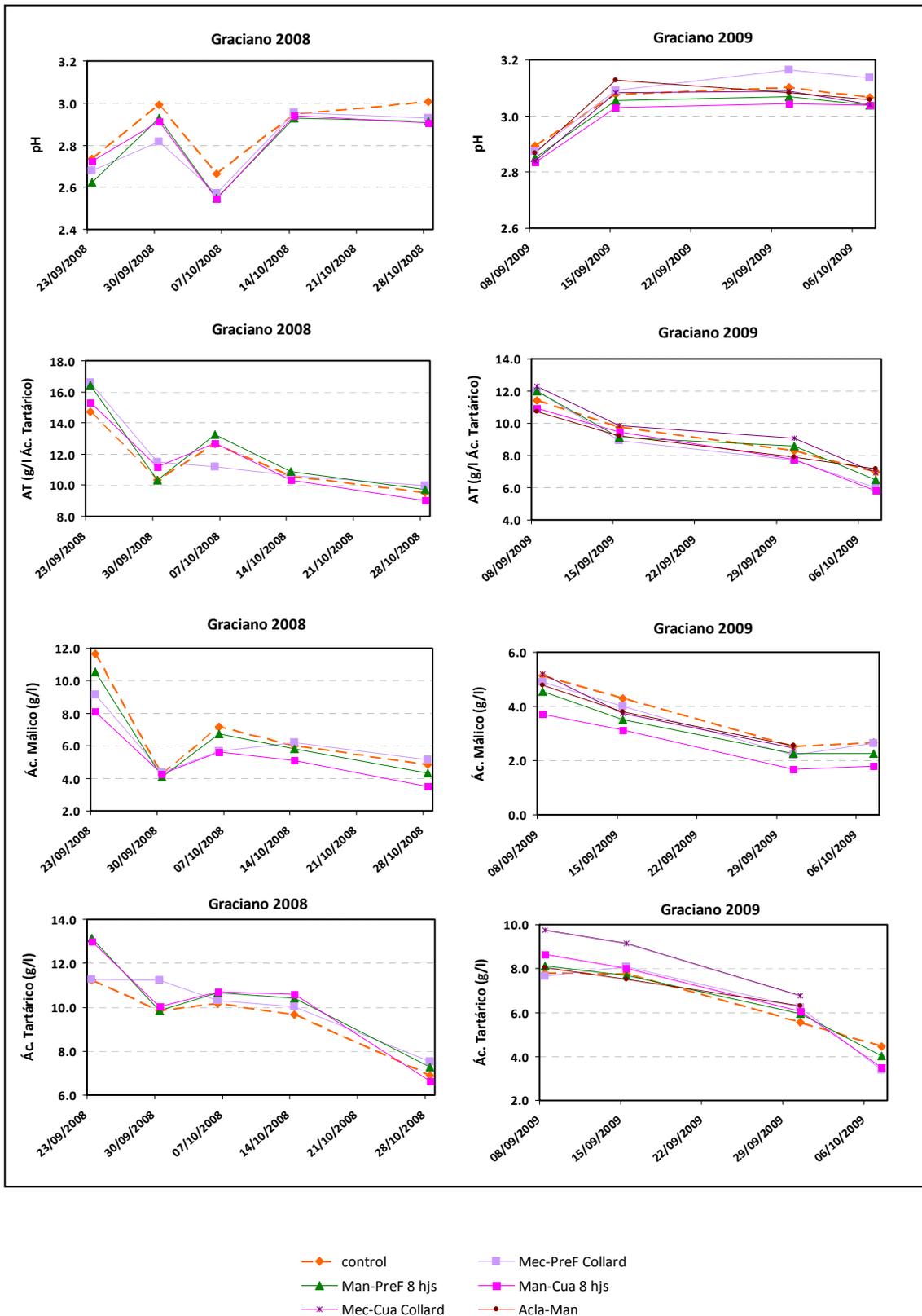


Figura 4.13. Evolución de los principales parámetros de acidez: pH, acidez total (AT), ácido málico y ácido tartárico, durante la maduración de la uva de la variedad Graciano en los años 2008 y 2009.

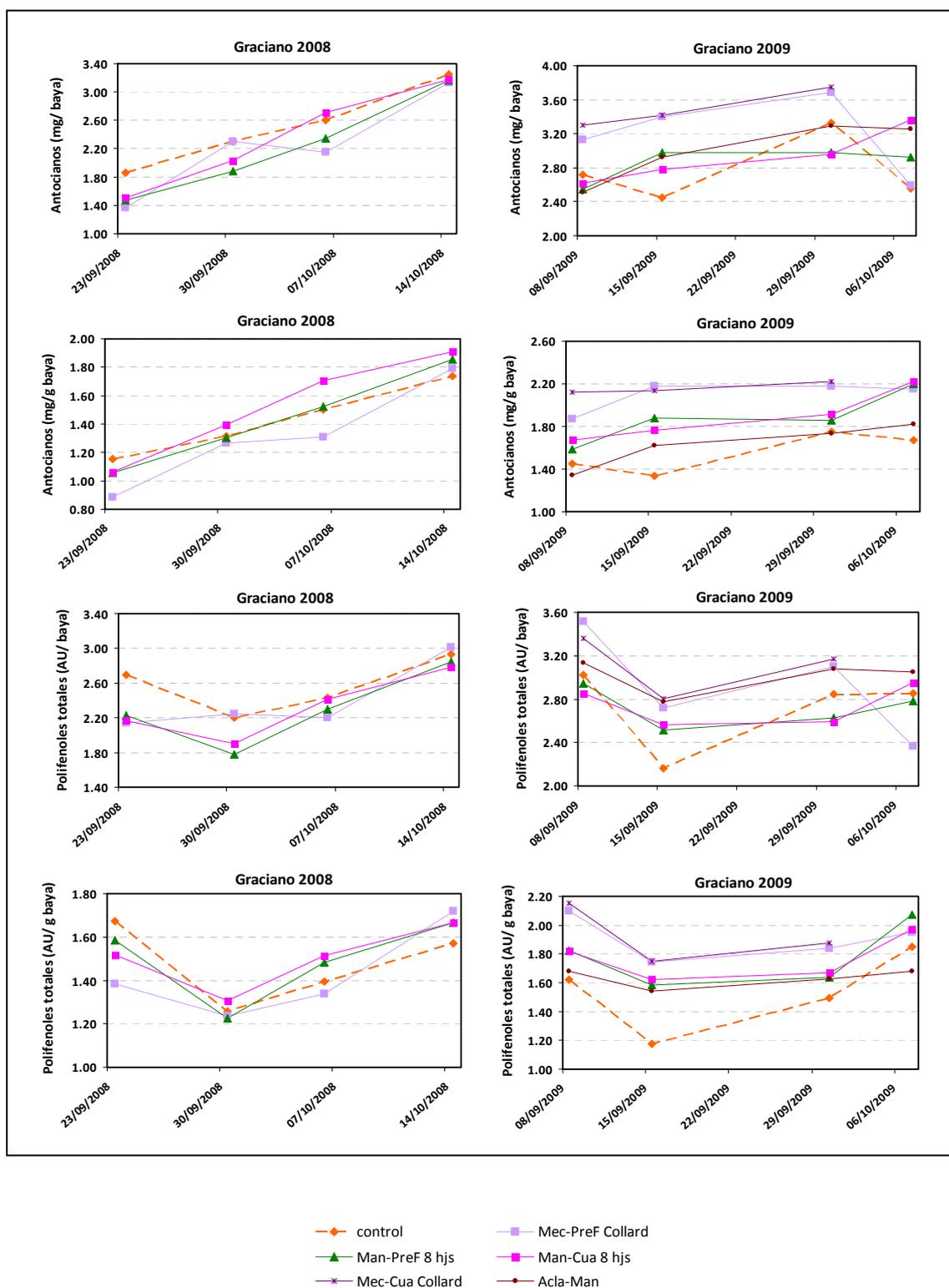


Figura 4.14. Evolución del contenido (mg/baya) y concentración (mg/g baya) de antocianos y polifenoles totales (expresados en unidades de absorbancia, UA) durante la maduración de la uva de la variedad Graciano en los años 2008 y 2009.

En términos globales, el contenido de polifenoles en la baya no varió e incluso disminuyó en algunos casos durante el último mes anterior a la vendimia. La concentración de polifenoles, sin embargo, siguió una evolución semejante a la observada en el año 2008, que culminó con mayores concentraciones de polifenoles totales al final del proceso de maduración excepto para los tratamientos mecánicos. En el año 2009, el tratamiento control se mantuvo por debajo de los tratamientos de deshojado en todo momento de la evolución de las concentraciones de antocianos (mg/ g baya) y polifenoles totales (UA/ g baya).

C. MAZUELO

El seguimiento de la evolución de la maduración en la variedad Mazuelo solamente se llevó a cabo en el año 2008. En el año 2009 no se realizó por una escasez productiva en algunos tratamientos concretos, que impediría la correcta toma de datos tanto agronómicos como analíticos en el momento de vendimia.

En la figura 4.15 se muestra la evolución del peso de la baya y de los azúcares en la variedad Mazuelo, para los distintos tratamientos en el año 2008.

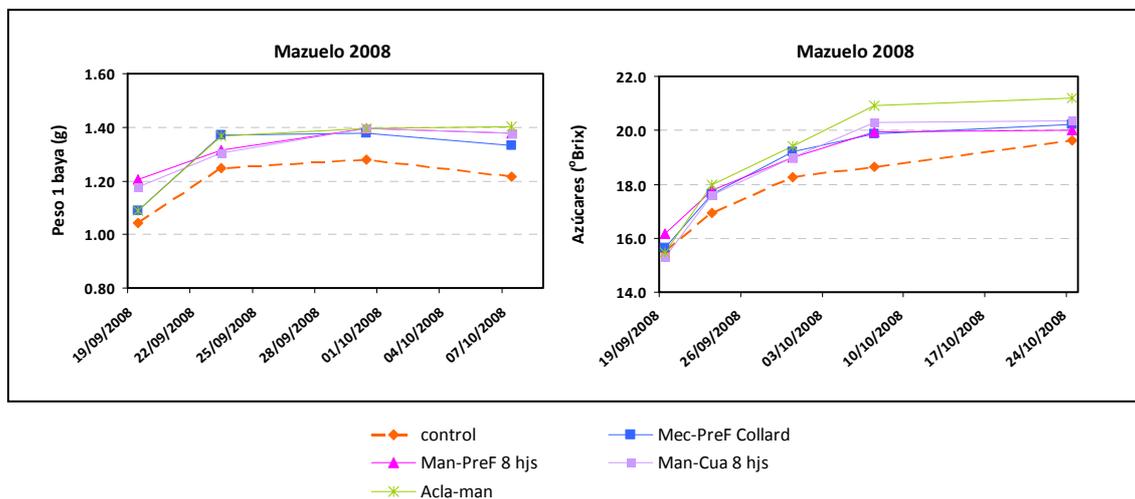


Figura 4.15. Evolución del peso de la baya y del contenido en azúcares durante la maduración de la uva de la variedad Mazuelo en el año 2008.

El peso de la baya de Mazuelo aumentó en un primer momento pero a partir de la tercera semana de septiembre se mantuvo prácticamente constante hasta el

momento de vendimia. La acumulación de azúcares sin embargo, siguió una curva hiperbólica alcanzando un “plateau” (alrededor del 10 de octubre) excepto para el control, cuyo contenido en azúcares continuó aumentando hasta el momento de vendimia. Las curvas de evolución del control para el peso de baya y el contenido en azúcares se mantuvieron en todos los casos por debajo del resto de tratamientos, tanto de deshojado como de aclareo manual.

La acidez de la baya disminuyó a medida que progresaba el período de maduración, fundamentalmente por degradación de los principales ácidos orgánicos (Figura 4.16). Como consecuencia, el pH aumentó, aunque de forma bastante moderada, en todos los tratamientos. La acidez total y la concentración de ácido tartárico siguieron una evolución decreciente paralela y prácticamente lineal, sobre todo a partir del 24 de septiembre. Por el contrario, la degradación del ácido málico se desarrolló de forma muy rápida y con pendiente brusca hasta esa fecha, pero a partir de entonces se mantuvo bastante estable alrededor de los 4.0 g/l ácido málico. No se observaron notables diferencias entre los distintos tratamientos ni en el perfil evolutivo ni en los valores finales para los parámetros acidez total, ácido málico y ácido tartárico.

Respecto a la madurez fenólica, el contenido y la concentración de antocianos aumentaron de forma continua y lineal en todos los tratamientos de deshojado precoz y aclareo manual durante el último mes anterior a la vendimia (Figura 4.17). Sin embargo, el tratamiento control presentó un crecimiento más de tipo hiperbólico con “plateau”, sobre todo en el contenido en antocianos, ya que a partir del 1 de octubre dicho contenido no varió mientras que el resto de tratamientos siguieron acumulando antocianos. Por otro lado, el contenido en polifenoles totales aumentó hasta la tercera semana de septiembre pero después se mantuvo bastante estable mostrando un leve crecimiento para los tratamientos de deshojado precoz y aclareo manual y una leve disminución para el control.

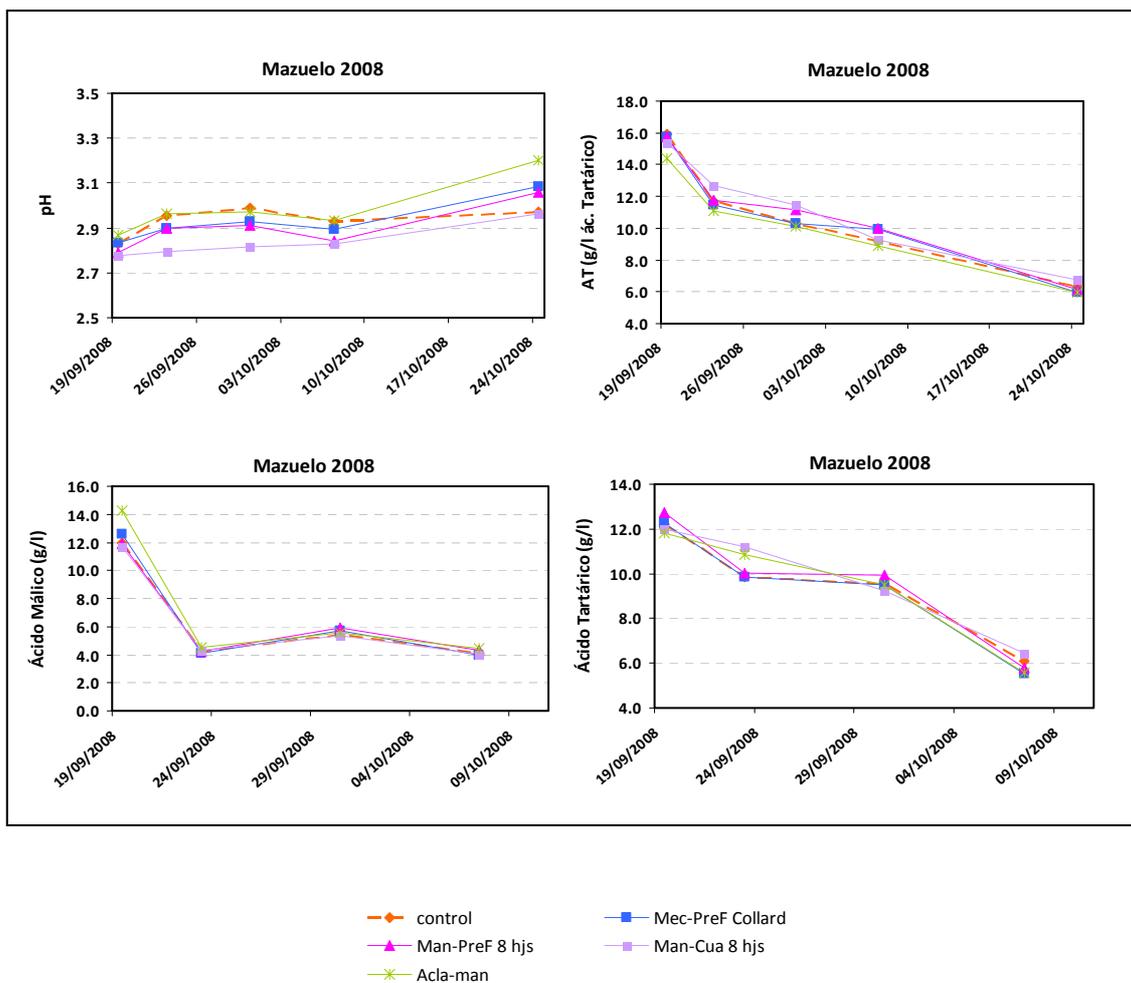


Figura 4.16. Evolución de los principales parámetros de acidez: pH, acidez total (AT), ácido málico y ácido tartárico, durante la maduración de la uva de la variedad Mazuelo en el año 2008.

En términos de concentración de polifenoles, todos los tratamientos excepto el deshojado manual en cuajado mostraron una evolución ascendente, aunque el perfil evolutivo fue muy diferente entre tratamientos. De nuevo, la concentración de polifenoles del control disminuyó durante la semana anterior a la fecha de vendimia.

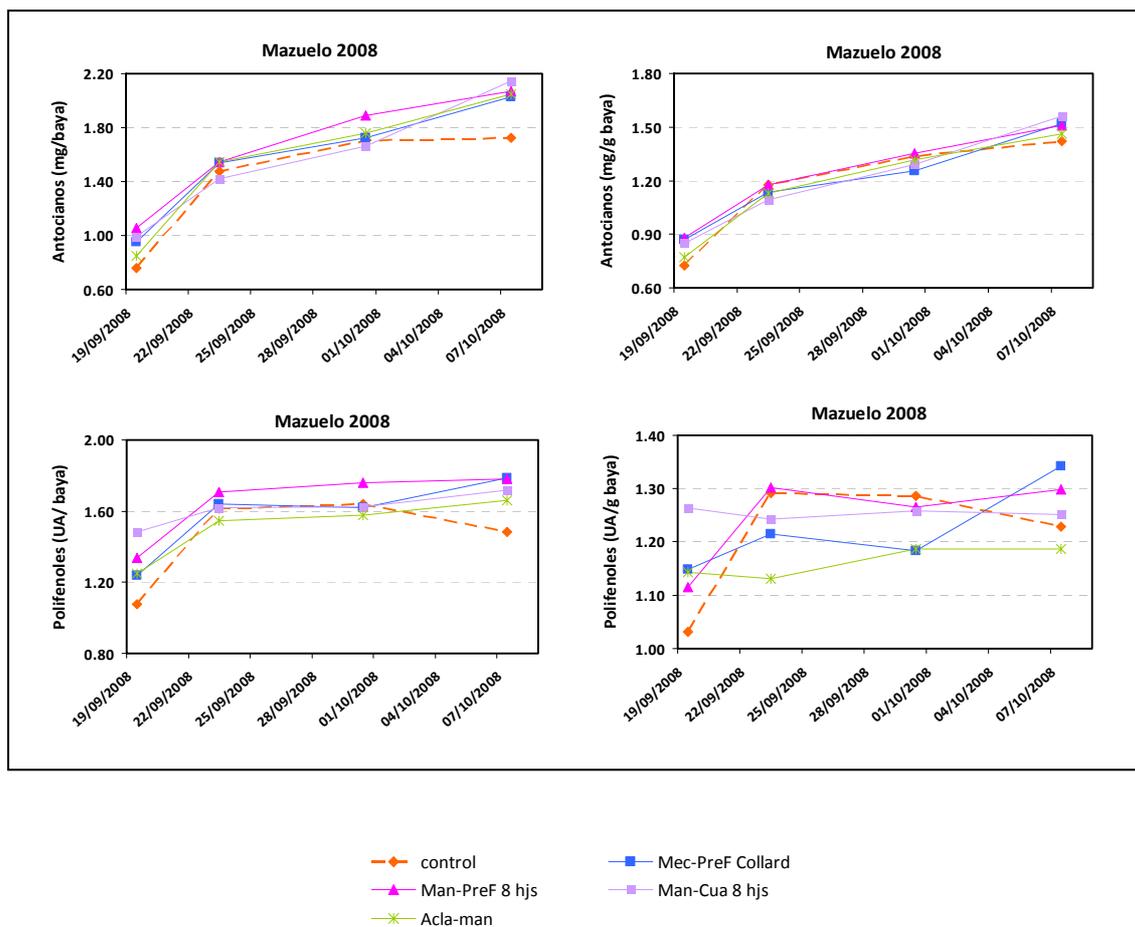


Figura 4.17. Evolución del contenido (mg/baya) y concentración (mg/g baya) de antocianos y polifenoles totales (expresados en unidades de absorbancia, UA) durante la maduración de la uva de la variedad Mazuelo en el año 2008.

4.3. COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE LA UVA

4.3.1. COMPONENTES DE LA BAYA

Mediante la determinación de la masa y la proporción de los diferentes componentes de la baya (hollejo, pulpa y pepitas) en la variedad Tempranillo se pretendió establecer si existe y cómo se manifiesta, un efecto del deshojado precoz en dichos componentes.

El estudio de los componentes de la baya solamente se llevó a cabo en la variedad Tempranillo en el año 2007.

A. TEMPRANILLO

El deshojado precoz en la variedad Tempranillo indujo una disminución significativa del peso de la pulpa y de las pepitas, lo que se tradujo en un incremento de la proporción de hollejos así como de la relación hollejo/pulpa (Tabla 4.35). De las dos épocas de deshojado estudiadas, solamente en cuajado la reducción del crecimiento de la pulpa y las pepitas, en favor de los hollejos, mostró significación estadística tanto en peso como en proporción, así como en el número de pepitas. Además, los tratamientos mecánicos provocaron unas diferencias más pronunciadas en el crecimiento de los distintos componentes de la baya que los tratamientos manuales. Dentro de los tratamientos manuales, la eliminación de ocho hojas en cuajado provocó un efecto más acentuado en el crecimiento de los distintos tejidos de la baya que la eliminación de cuatro hojas, mientras que en pre-floración no se detectaron diferencias significativas debido a la intensidad de deshojado manual.

En cuanto al tipo de deshojadora, la máquina Pellenc del tipo aspiración y corte, indujo una limitación del crecimiento de todos los componentes de la baya respecto al control, si bien en términos relativos, se tradujo en un incremento significativo de la proporción de hollejos así como de la relación hollejo/pulpa.

Del conjunto de 2400 bayas diseccionadas (300 por tratamiento), los hollejos representaron entre el 9.7-11.6 % del peso de la baya, las pepitas entre el 4-4.8 % y la pulpa entre el 83.9-85.5 %, mientras que el número de pepitas osciló entre 2.2-2.5 pepitas por baya y la relación hollejo pulpa entre 0.12-0.14.

Tabla 4.35. Influencia del deshojado precoz en los componentes de la baya y sus contribuciones relativas al peso de baya de Tempranillo en el año 2007. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Ollauri, La Rioja.

Tratamiento	Peso pulpa (g)	Peso hollejos (g)	Peso pepitas (g)	Nº pepitas	% pulpa	% hollejos	% pepitas	Hollejo/Pulpa
Control	1.4758	0.1704	0.0811	2.43	85.44	9.86	4.70	0.116
Manual Pre-Floración 4 hojas	1.4312	0.1744	0.0698	2.32	85.42	10.42	4.16	0.123
Manual Pre-Floración 8 hojas	1.3485	0.1672	0.0739	2.46	84.84	10.52	4.64	0.124
Manual Cuajado 4 hojas	1.4369	0.1637	0.0810	2.47	85.47	9.74	4.79	0.114
Manual Cuajado 8 hojas	1.4444	0.1715	0.0691	2.17	85.49	10.48	4.03	0.123
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	1.5232	0.1772	0.0764	2.42	85.52	10.24	4.24	0.120
Mecánico Cuajado Collard 0.5	1.3360	0.1807	0.0727	2.22	83.86	11.62	4.51	0.139
Mecánico Pre-Floración Pellenc 0.5	1.1994	0.1496	0.0637	2.28	84.84	10.52	4.64	0.127
Valores de probabilidad (p) de los contrastes								
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.038	0.813	0.011	0.335	0.204	0.012	0.054	0.022
Control vs Deshojado (ttos prales)	0.042	0.493	0.019	0.259	0.089	0.002	0.027	0.004
Control vs Deshojado pre-floración	0.398	0.768	0.119	0.947	0.435	0.085	0.129	0.124
Control vs Deshojado cuajado	0.045	0.295	0.003	0.019	0.011	<0.001	0.006	<0.001
Pre-floración vs Cuajado	0.108	0.279	0.066	<0.001	0.012	<0.001	0.107	<0.001
Manual vs Mecánico	0.242	0.007	0.185	0.903	0.018	0.016	0.686	0.015
Man-PreF 4hjs vs Man-PreF 8 hjs	0.185	0.361	0.421	0.368	0.190	0.801	0.033	0.732
Man-Cua 4hjs vs Man-Cua 8 hjs	0.873	0.184	0.001	0.006	0.939	0.013	<0.001	0.024
Tipo de deshojadora	<0.001	<0.001	<0.001	0.044	<0.001	0.012	0.033	0.008
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)								
Tratamiento	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

Las correlaciones entre el peso de baya y el peso de los distintos componentes de la misma, así como la relación hollejo/pulpa, para toda la población de bayas de Tempranillo diseccionadas (todos los tratamientos) se muestran en los gráficos de la figura 4.18.

Solamente el peso de baya y el peso de pulpa mostraron una correlación linear positiva clara entre sí. Sin embargo, el peso de hollejos y el peso de pepitas mostraron una elevada dispersión frente al peso de baya, lo que indicaba la ausencia de una relación unívoca entre ambos parámetros y la existencia de otros factores que afectan dicha dispersión. Asimismo, la ratio hollejo/pulpa presentaba una tendencia negativa frente al peso de baya, pero exhibía una elevada dispersión.

Para intentar identificar mejor las relaciones entre los distintos componentes de la baya y el peso de ésta, así como la influencia de los diferentes tratamientos de deshojado en estas relaciones, se establecieron ocho categorías o clases de peso de baya (entre 0.58 y 2.99 g). La distribución de frecuencias del peso de baya entre las ocho clases establecidas para todos los tratamientos estudiados se muestran en la figura 4.19.

La eliminación de 4 hojas de forma manual, tanto en pre-floración como en cuajado, no alteró sustancialmente la distribución de frecuencias del peso de baya respecto al control, ya que en los tres casos prácticamente el 100% de las bayas se distribuían en las dos categorías centrales (1.49-2.09 g). Sin embargo, la eliminación de 8 hojas en pre-floración desplazó levemente su población hacia bayas más ligeras, aunque más del 90% de las mismas correspondían a la categoría central 1.49-1.79 g. Los efectos más acusados en la distribución de frecuencias de peso de baya se observaron para los tres tratamientos de deshojado mecánico y el deshojado manual de 8 hojas en cuajado.

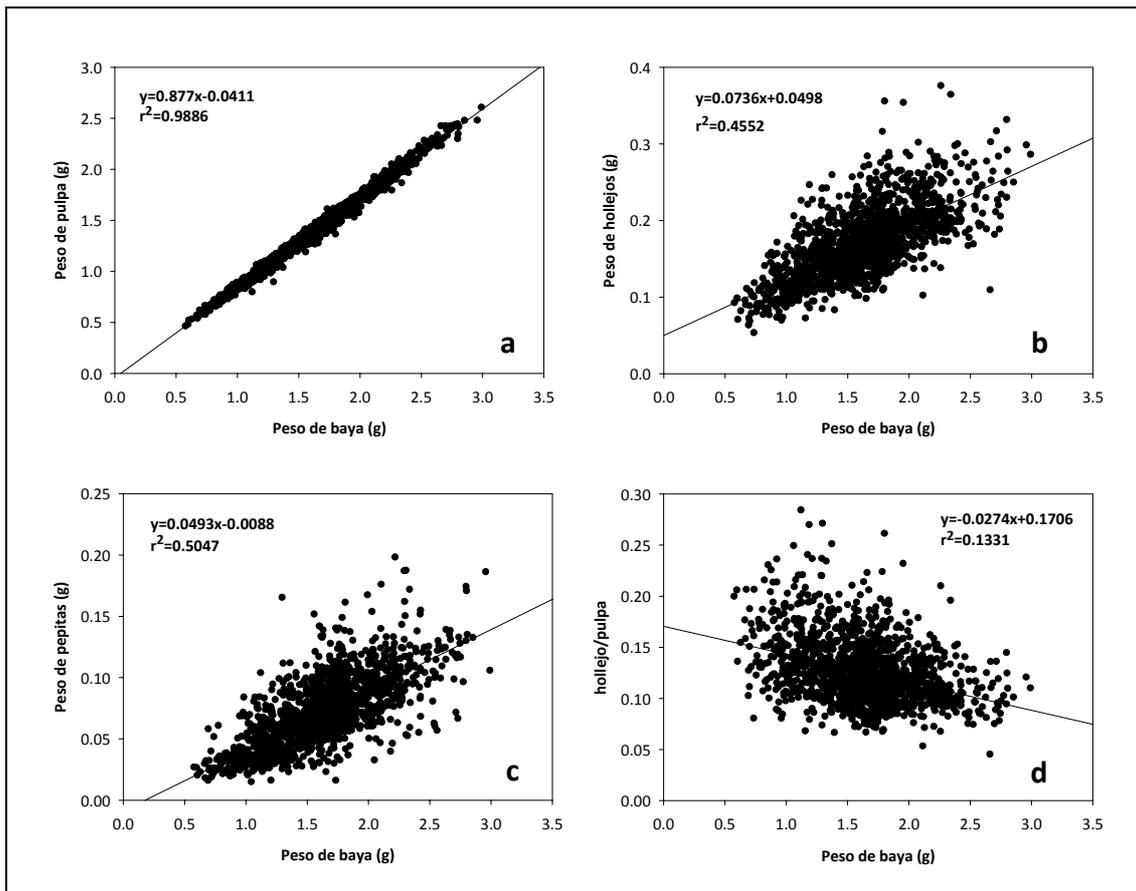


Figura 4.18. Correlaciones entre el peso de baya y los distintos componentes de la baya: (a) peso de pulpa; (b) peso de hollejos; (c) peso de pepitas; (d) ratio hollejo/pulpa, en la variedad Tempranillo.

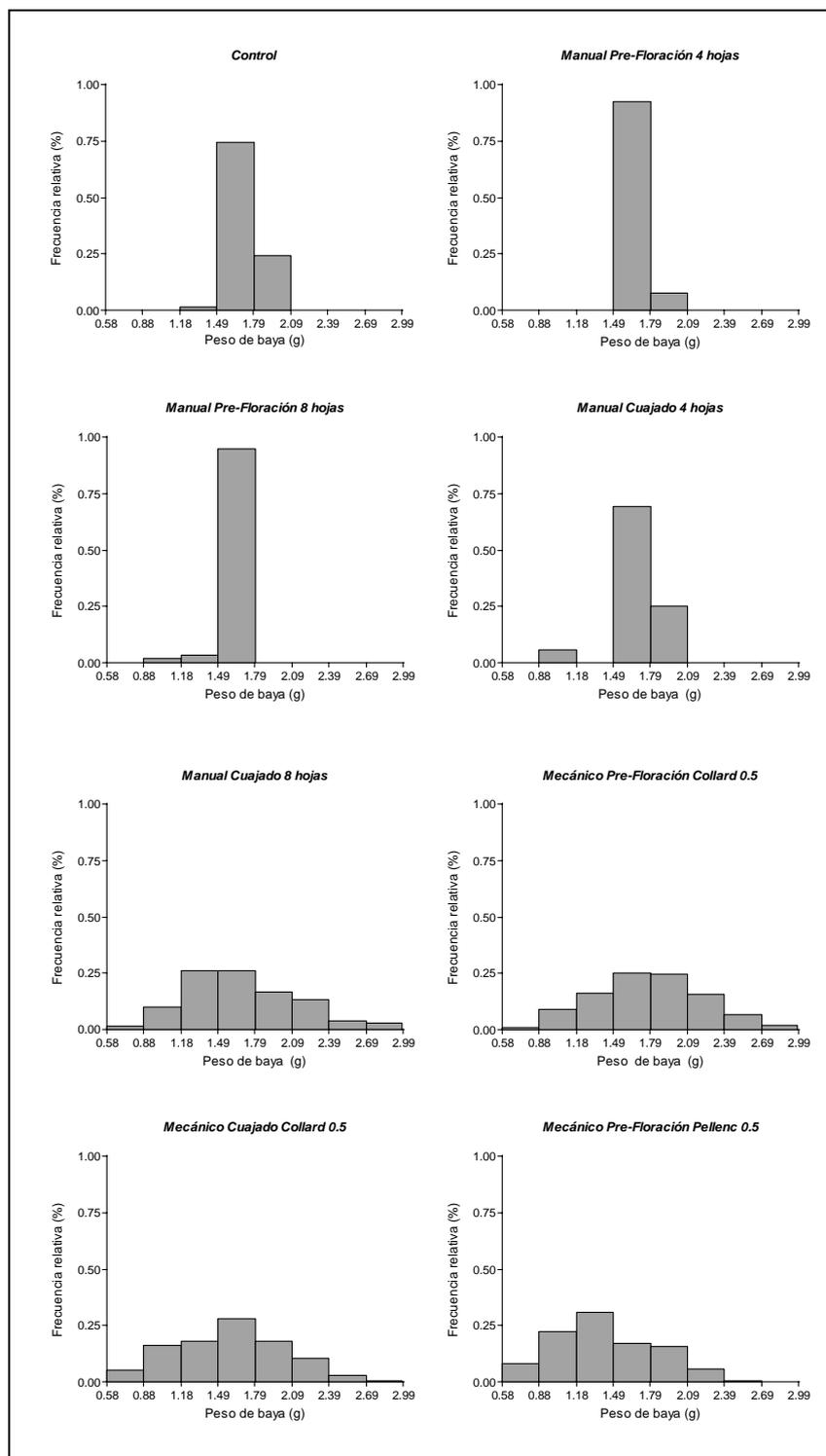


Figura 4.19. Distribución de frecuencias (% población) de peso de baya en racimos de los diferentes tratamientos control y de deshojado en la variedad Tempranillo. Las clases de marca para las distintas categorías fueron: 0.74, 1.04, 1.34, 1.64, 1.94, 2.24, 2.54 y 2.84 g.

En estos cuatro casos la distribución de frecuencias del peso de baya se ensanchó, en la que las dos clases centrales (1.49-2.09 g) de la distribución normal solamente comprendían un 50% de la población, y el otro 50% se distribuía en el resto de categorías establecidas.

La representación del peso y de la proporción (%) de los hollejos y de las pepitas para las distintas clases establecidas para el control y los principales tratamientos de deshojado se muestran en la figura 4.20. El peso de los hollejos por baya mostró una correlación positiva con el peso de baya y aumentó aproximadamente 1.5 veces en el control y 1.3 veces en los tratamientos de deshojado para incrementos de peso de baya de 1.5 veces y 1.4 veces en el rango de categorías entre 1.19-2.09 g de peso de baya (Figura 4.20a). En categorías de peso de baya superiores a 2 g, el deshojado mecánico en cuajado presentó un incremento del peso de hollejos más acusado que el resto de tratamientos de deshojado, si bien en la categoría de bayas más grandes los dos tratamientos mecánicos se igualaron. El peso de pepitas por baya también mostró una correlación positiva con el peso de baya similar a la observada para el peso de los hollejos, sin embargo prácticamente no se encontraron diferencias entre el control y los tratamientos de deshojado para las distintas categorías de peso de baya establecidas (Figura 4.20b). La proporción de hollejos en la baya disminuyó a medida que aumentaba el peso de baya en todos los casos. La proporción de hollejos correspondiente al deshojado mecánico en cuajado fue superior a la del control, y para pesos de baya más altos, también superior a la del resto de tratamientos de deshojado excepto en la categoría de peso de baya mayor (Figura 4.20c). La proporción de peso de pepitas por baya no varió con el incremento del peso de baya y hubo escasas diferencias entre los tratamientos (Figura 4.20d). La ratio hollejo/pulpa disminuyó para pesos de baya crecientes, salvo en el tratamiento control, para el que mantuvo un valor constante de 0.12. El deshojado mecánico en cuajado mostró una ratio hollejo/pulpa superior a la del control y a la del resto de tratamientos de deshojado en casi todos los casos (Figura 4.20e).

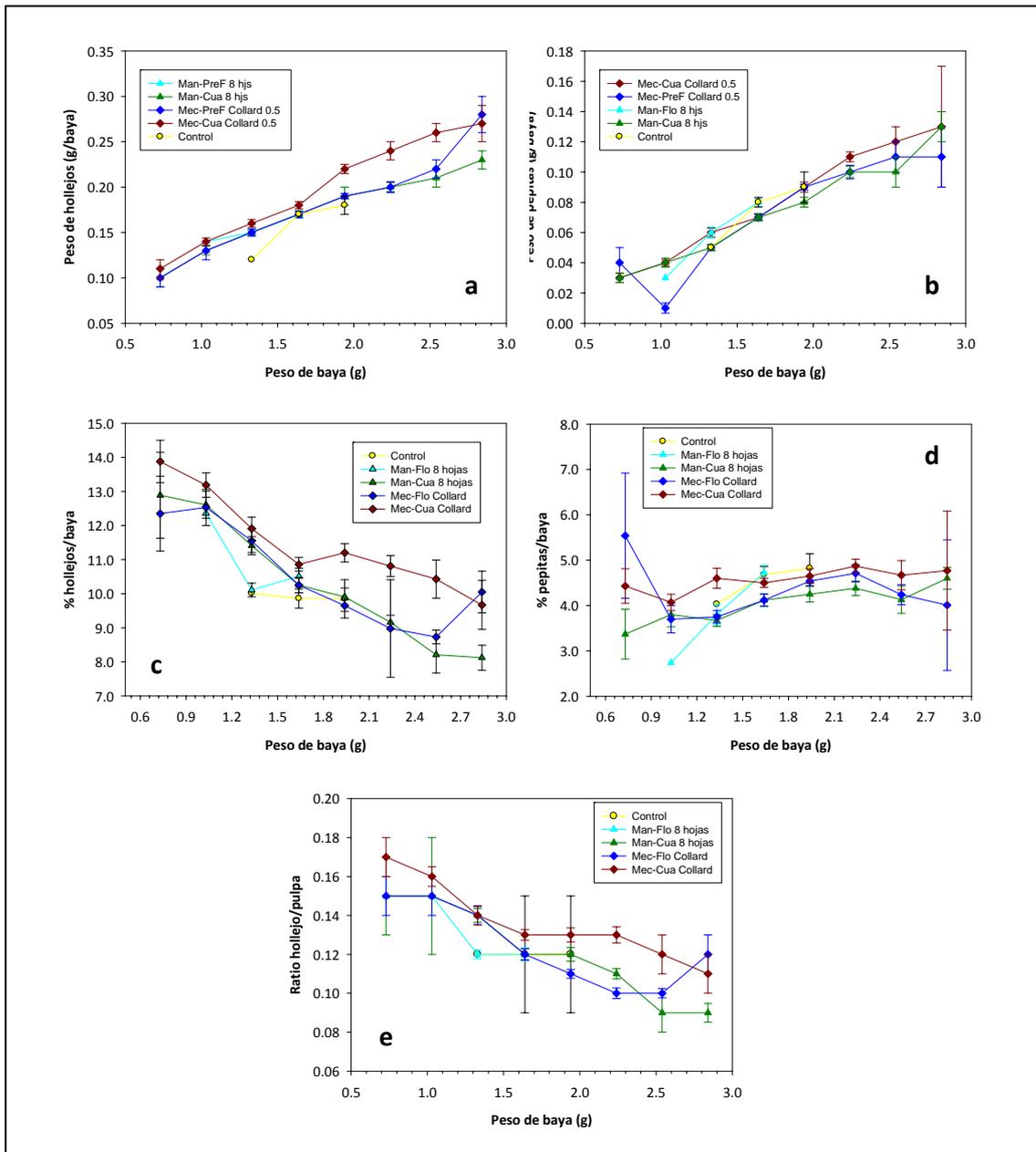


Figura 4.20. Valores de los componentes de la baya de Tempranillo para las distintas categorías de peso de baya; (a) peso de hollejos; (b) peso de las pepitas; (c) proporción del peso de los hollejos (%); (d) proporción del peso de las pepitas (%); (e) ratio hollejo/pulpa.

4.3.2. COMPOSICIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LA UVA: AZÚCARES Y ACIDEZ EN VENDIMIA

La influencia del deshojado precoz en la calidad de la uva se manifiesta en la composición físico-química de la misma, y se puede evaluar en primer lugar a partir de los parámetros de azúcares y acidez en vendimia.

A. TEMPRANILLO

El deshojado precoz indujo un aumento significativo en la concentración de azúcares en la baya de la variedad Tempranillo en vendimia para todos los tratamientos estudiados, en los dos años de estudio (Tablas 4.36 y 4.37). La acidez, sin embargo, disminuyó debido al deshojado precoz y se manifestó en el aumento del pH así como en el descenso de la acidez total y de la concentración de ácido tartárico, con escaso impacto en la concentración de ácido málico en el año 2008 (Tabla 4.37).

Se representó la concentración de azúcares frente a la SFT/P para los principales tratamientos de deshojado, y se obtuvo una correlación positiva y significativa ($r^2 = 0.746$; $p < 0.001$) entre ambos parámetros (Figura 4.21).

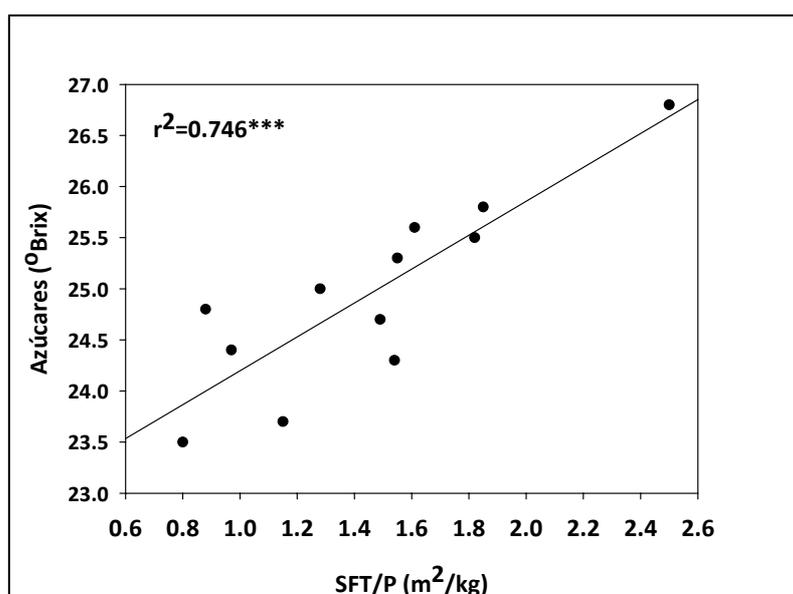


Figura 4.21. Correlación entre la concentración de azúcares en la uva y la ratio hoja-fruto, expresada como SFT/P, en la variedad Tempranillo.

Tabla 4.36. Influencia del deshojado precoz en la composición química, color y contenido polifenólico de la baya de Tempranillo en vendimia en el año 2007. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Ollauri, La Rioja.

Tratamiento	Azúcares (°Brix)	pH	Acidez total (g/l Ác. Tart.)	Ác. Málico (g/l)	Ác. Tartárico (g/l)	Antocianos (mg/baya)	Antocianos (mg/g baya)	Fenoles (UA/baya)	Fenoles (UA/g baya)
Control	21.8 (0.58)	3.49 (0.04)	6.36 (0.27)	3.67 (0.21)	5.71 (0.11)	2.47 (0.14)	1.51 (0.09)	2.62 (0.09)	1.60 (0.05)
Manual Pre-Floración 4 hojas	24.7 (0.63)	3.64 (0.03)	5.43 (0.18)	3.76 (0.23)	5.10 (0.23)	2.98 (0.17)	1.88 (0.10)	2.74 (0.10)	1.72 (0.05)
Manual Pre-Floración 8 hojas	25.5 (0.59)	3.68 (0.03)	5.52 (0.24)	3.53 (0.18)	4.86 (0.12)	3.12 (0.21)	1.97 (0.06)	2.77 (0.17)	1.75 (0.04)
Manual Cuajado 4 hojas	25.0 (0.55)	3.63 (0.07)	5.79 (0.19)	3.64 (0.19)	5.09 (0.07)	3.26 (0.21)	1.96 (0.08)	2.97 (0.19)	1.78 (0.06)
Manual Cuajado 8 hojas	24.3 (0.58)	3.60 (0.05)	5.67 (0.25)	3.60 (0.25)	5.19 (0.11)	3.14 (0.13)	1.98 (0.08)	2.83 (0.11)	1.77 (0.06)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	25.6 (0.40)	3.65 (0.04)	5.08 (0.22)	3.46 (0.21)	4.83 (0.09)	3.09 (0.18)	1.91 (0.09)	2.77 (0.15)	1.71 (0.07)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	26.8 (0.47)	3.77 (0.06)	5.02 (0.33)	3.28 (0.25)	4.98 (0.11)	3.22 (0.61)	1.93 (0.06)	2.95 (0.54)	1.77 (0.07)
Mecánico Pre-Floración Pellenc 0.5	25.4 (0.30)	3.77 (0.05)	5.21 (0.19)	3.48 (0.16)	5.26 (0.09)	3.00 (0.15)	2.04 (0.08)	2.65 (0.13)	1.79 (0.06)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes									
Control vs Deshojado (todos ttos)	<0.001	<0.001	<0.001	0.333	0.003	0.002	<0.001	0.244	0.008
Control vs Deshojado (ttos prales)	<0.001	0.001	<0.001	0.166	0.002	0.002	<0.001	0.231	0.016
Control vs Deshojado pre-floración	<0.001	0.003	<0.001	0.260	0.001	0.007	<0.001	0.422	0.049
Control vs Deshojado cuajado	<0.001	0.002	0.001	0.173	0.022	0.006	<0.001	0.188	0.019
Pre-floración vs Cuajado	0.896	0.725	0.871	0.727	0.028	0.730	0.926	0.488	0.509
Manual vs Mecánico	0.028	0.166	0.031	0.167	0.605	0.906	0.569	0.721	0.746
Man-PreF 4hjs vs Man-PreF 8 hjs	0.296	0.537	0.759	0.178	0.394	0.602	0.401	0.904	0.721
Man-Cua 4hjs vs Man-Cua 8 hjs	0.345	0.652	0.715	0.831	0.732	0.670	0.881	0.533	0.971
Tipo de deshojadora	0.804	0.085	0.705	0.909	0.166	0.745	0.301	0.589	0.299
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)									
Tratamiento	<0.001	0.004	0.003	0.404	0.045	0.013	0.001	0.802	0.026

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

Tabla 4.37. Influencia del deshojado precoz en la composición química, color y contenido polifenólico de la baya de Tempranillo en vendimia en el año 2008. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Ollauri, La Rioja.

Tratamiento	Azúcares (°Brix)	pH	Acidez Total (g/l Ác. Tart.)	Ác. Málico (g/l)	Ác. Tartárico (g/l)	Antocianos (mg/baya)	Antocianos (mg/g baya)	Fenoles (UA/baya)	Fenoles (UA/g baya)
Control	21.1 (0.72)	3.50 (0.03)	6.06 (0.24)	3.05 (0.12)	6.01 (0.27)	2.19 (0.18)	1.36 (0.08)	2.81 (0.12)	1.80 (0.04)
Manual Pre-Floración 4 hojas	24.8 (0.43)	3.47 (0.03)	5.24 (0.22)	2.51 (0.07)	6.01 (0.21)	2.45 (0.13)	1.41 (0.07)	3.05 (0.12)	1.80 (0.07)
Manual Pre-Floración 8 hojas	25.3 (0.43)	3.57 (0.04)	5.65 (0.23)	2.92 (0.11)	5.22 (0.21)	2.26 (0.13)	1.40 (0.06)	2.81 (0.12)	1.77 (0.03)
Manual Cuajado 4 hojas	24.4 (0.50)	3.41 (0.04)	5.73 (0.24)	2.84 (0.13)	5.55 (0.21)	2.58 (0.08)	1.46 (0.05)	3.07 (0.11)	1.81 (0.05)
Manual Cuajado 8 hojas	23.5 (0.45)	3.41 (0.03)	5.57 (0.20)	2.93 (0.12)	5.45 (0.19)	2.67 (0.13)	1.51 (0.06)	3.14 (0.10)	1.75 (0.04)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	25.8 (0.25)	3.76 (0.03)	4.83 (0.16)	3.18 (0.13)	5.37 (0.19)	2.88 (0.10)	1.75 (0.05)	3.00 (0.12)	1.83 (0.06)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	23.7 (0.45)	3.64 (0.04)	5.06 (0.19)	3.06 (0.13)	5.64 (0.19)	2.76 (0.11)	1.73 (0.08)	3.13 (0.07)	1.94 (0.05)
Mecánico Pre-Floración Tordable 0.5	24.1 (0.65)	3.73 (0.05)	4.50 (0.15)	3.01 (0.08)	5.42 (0.17)	2.38 (0.17)	1.65 (0.06)	2.65 (0.14)	1.78 (0.05)
Mecánico Pre-Floración Collard 2	25.1 (0.48)	3.45 (0.10)	5.15 (0.18)	2.96 (0.06)	5.14 (0.18)	2.45 (0.12)	1.44 (0.06)	3.06 (0.08)	1.81 (0.03)
Mecánico Pre-Floración Collard 3	25.0 (0.57)	3.57 (0.04)	5.26 (0.23)	3.14 (0.18)	5.66 (0.19)	2.72 (0.09)	1.50 (0.05)	3.09 (0.09)	1.72 (0.04)
Aclareo Manual	25.0 (0.51)	3.57 (0.03)	5.56 (0.17)	2.83 (0.08)	5.84 (0.18)	2.51 (0.17)	1.53 (0.09)	3.09 (0.12)	1.85 (0.05)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes									
Control vs Deshojado (todos ttos)	<0.001	0.139	<0.001	0.393	0.018	0.005	0.012	0.096	0.944
Control vs Deshojado (ttos prales)	<0.001	0.017	0.001	0.868	0.086	0.002	0.002	0.118	0.650
Control vs Deshojado pre-floración	<0.001	<0.001	0.002	0.973	0.020	0.016	0.009	0.486	0.998
Control vs Deshojado cuajado	<0.001	0.583	0.004	0.735	0.061	0.001	0.002	0.031	0.405
Pre-floración vs Cuajado	<0.001	<0.001	0.707	0.642	0.458	0.269	0.532	0.048	0.313
Manual vs Mecánico	0.431	<0.001	0.001	0.085	0.238	0.007	<0.001	0.233	0.012
Man-PreF 4hjs vs Man-PreF 8 hjs	0.485	0.034	0.149	0.013	0.004	0.275	0.928	0.103	0.608
Man-Cua 4hjs vs Man-Cua 8 hjs	0.172	0.957	0.567	0.575	0.721	0.619	0.597	0.614	0.417
Tipo de deshojadora	0.019	0.603	0.286	0.300	0.849	0.011	0.312	0.031	0.558
Mec-PreF Collard 0.5 vs Mec-PreF Collard 2	0.300	<0.001	0.256	0.066	0.419	0.024	0.001	0.718	0.822
Mec-PreF Collard 2 vs Mec-PreF Collard 3	0.933	0.016	0.715	0.085	0.073	0.155	0.555	0.769	0.203
Aclareo manual vs Deshojado	0.537	0.558	0.212	0.120	0.324	0.400	0.399	0.499	0.130
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)									
Tratamiento	<0.001	<0.001	<0.001	0.013	0.021	0.004	<0.001	0.023	0.034

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

La época de deshojado no modificó el contenido en azúcares y solamente la eliminación de hojas en pre-floración causó una reducción mayor en la concentración de ácido tartárico en los dos años (Tabla 4.36) y un incremento mayor del pH en el año 2008 (Tabla 4.37). En líneas generales, la defoliación mecánica potenció más el efecto sobre el contenido en azúcares y la acidez que la defoliación manual.

Respecto a la mecanización el tipo de deshojadora no tuvo ningún impacto en la composición de la uva en el año 2007, mientras que en el año 2008 la deshojadora de impulsión de aire (Collard) indujo un mayor contenido de azúcares en la uva que la deshojadora de aspiración y corte (Tordable). Entre las diferentes velocidades de deshojado estudiadas (para la máquina de impulsión de aire), no se observaron apenas diferencias para los distintos parámetros entre 2 y 3 km/h, mientras que el deshojado a 0.5 km/h indujo valores más altos de pH que el deshojado a 2 km/h (Tabla 4.37).

El deshojado precoz no alteró significativamente la composición físico-química de la uva de Tempranillo respecto al aclareo manual.

Cuando se realizó un análisis de varianza de forma conjunta de los resultados de azúcares y acidez para los dos años de estudio (Tabla 4.38) el factor tratamiento provocó diferencias significativas en el contenido en azúcares, la acidez total y la concentración de ácido tartárico en uva. Además, el pH mostró diferencias entre los años 2007 y 2008 para los mismos tratamientos de deshojado, hecho que se manifestó en la significación de su interacción año x tratamiento.

Tabla 4.38. Análisis de varianza de la composición química de la uva de Tempranillo (Ollauri, La Rioja) durante los años 2007 y 2008. Valores de probabilidad de los factores tratamiento, año e interacción año x tratamiento.

Factor	Azúcares (°Brix)	pH	Acidez Total (g/l Ác.Tart.)	Ác. Málico (g/l)	Ác. Tartárico (g/l)	Antocianos (mg/baya)	Antocianos (mg/g baya)	Fenoles (UA/baya)	Fenoles (UA/g baya)
Tratamiento	0.017	0.176	<0.001	0.221	0.048	0.005	0.008	0.400	0.393
Año	0.008	<0.001	0.401	<0.001	<0.001	0.003	<0.001	0.842	0.004
Tratamiento x Año	0.083	<0.001	0.969	0.266	0.005	0.501	0.023	0.597	0.041

B. GRACIANO

El deshojado precoz indujo un incremento en la concentración de azúcares en vendimia solamente en el año 2009, especialmente para los tratamientos ejecutados en pre-floración (Tabla 4.40). El efecto de la defoliación temprana sobre la acidez fue mucho más marcado en el año 2009, ya que en el 2008 (Tabla 4.39) solamente el deshojado manual en cuajado provocó un descenso significativo del pH, que sin embargo no se reflejó ni en la acidez total ni en la concentración de ácido tartárico. En el año 2009, la acidez disminuyó de forma significativa para todos los tratamientos de deshojado, manifestándose en un incremento de pH y una reducción de la acidez total respecto al control (Tabla 4.40). El descenso de la acidez total se produjo por la mayor degradación de los ácidos málico y tartárico inducidas por el deshojado precoz, que mostraron concentraciones inferiores al control. Entre los dos tratamientos manuales, el deshojado realizado en cuajado provocó un efecto más acusado en el descenso de la acidez total, así como en las concentraciones de ácido málico y tartárico en el año 2009.

Por otro lado, el deshojado mecánico indujo un aumento de la madurez tecnológica respecto al deshojado manual, que se reflejó en una mayor concentración de azúcares, pH y degradación del ácido málico. En general, el deshojado precoz indujo un incremento de la madurez tecnológica respecto al aclareo manual. En el año 2009 (Tabla 4.40), las uvas correspondientes al aclareo manual mostraron un menor contenido en azúcares y un pH más bajo que los tratamientos de deshojado precoz.

Tabla 4.39. Influencia del deshojado precoz en la composición química, color y contenido polifenólico de la baya de Graciano en vendimia en el año 2008. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Ollauri, La Rioja.

Tratamiento	Azúcares (°Brix)	pH	Acidez Total (g/l Ác. Tart.)	Ác. Málico (g/l)	Ác. Tartárico (g/l)	Antocianos (mg/baya)	Antocianos (mg/g baya)	Fenoles (UA/baya)	Fenoles (UA/g baya)
Control	19.9 (0.35)	3.07 (0.02)	7.15 (0.21)	4.72 (0.15)	4.39 (0.08)	2.42 (0.17)	1.57 (0.10)	2.20 (0.07)	1.46 (0.04)
Manual Pre-Floración 8 hojas	20.4 (0.31)	3.05 (0.03)	7.19 (0.17)	4.68 (0.16)	4.42 (0.12)	2.46 (0.16)	2.00 (0.10)	2.20 (0.08)	1.68 (0.04)
Manual Cuajado 8 hojas	19.9 (0.39)	2.96 (0.02)	6.88 (0.34)	3.99 (0.16)	4.61 (0.12)	2.22 (0.12)	1.65 (0.10)	2.09 (0.05)	1.52 (0.06)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	20.7 (0.30)	3.12 (0.02)	7.59 (0.30)	4.71 (0.16)	4.38 (0.10)	2.62 (0.16)	1.98 (0.12)	2.27 (0.10)	1.71 (0.07)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes									
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.274	0.226	0.830	0.147	0.567	0.949	0.016	0.916	0.005
Control vs Deshojado pre-floración	0.108	0.683	0.500	0.882	0.958	0.536	0.002	0.691	0.001
Control vs Deshojado cuajado	0.924	<0.001	0.091	0.001	0.187	0.347	0.617	0.327	0.401
Pre-floración vs Cuajado	0.215	0.003	0.073	0.002	0.245	0.249	0.010	0.280	0.025
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)									
Tratamiento	0.075	<0.001	0.096	<0.001	0.493	0.173	0.004	0.165	0.002

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

Tabla 4.40. Influencia del deshojado precoz en la composición química, color y contenido polifenólico de la baya de Graciano en vendimia en el año 2009. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Ollauri, La Rioja.

Tratamiento	Azúcares (°Brix)	pH	Acidez Total (g/l Ác. Tart.)	Ác. Málico (g/l)	Ác. Tartárico (g/l)	Antocianos (mg/baya)	Antocianos (mg/g baya)	Fenoles (UA/baya)	Fenoles (UA/g baya)
Control	22.1 (0.37)	3.14 (0.02)	6.08 (0.17)	2.66 (0.08)	4.44 (0.17)	2.56 (0.13)	1.67 (0.07)	2.85 (0.12)	1.85 (0.04)
Manual Pre-Floración 8 hojas	23.1 (0.47)	3.24 (0.04)	5.30 (0.14)	2.26 (0.12)	4.02 (0.14)	2.92 (0.14)	2.20 (0.10)	2.78 (0.13)	2.07 (0.05)
Manual Cuajado 8 hojas	22.9 (0.39)	3.28 (0.04)	4.56 (0.11)	1.81 (0.11)	3.48 (0.18)	3.36 (0.18)	2.22 (0.10)	2.95 (0.12)	1.97 (0.06)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	24.9 (0.47)	3.38 (0.04)	5.37 (0.37)	2.64 (0.30)	3.38 (0.21)	2.59 (0.10)	2.15 (0.11)	2.37 (0.09)	1.95 (0.08)
Aclareo Manual	20.9 (0.37)	3.08 (0.03)	5.32 (0.12)	2.42 (0.15)	3.37 (0.11)	3.26 (0.18)	1.82 (0.10)	3.05 (0.13)	1.68 (0.05)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes									
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.002	<0.001	<0.001	0.007	<0.001	0.023	<0.001	0.262	0.018
Control vs Deshojado pre-floración	<0.001	<0.001	<0.001	0.228	<0.001	0.292	<0.001	0.062	0.017
Control vs Deshojado cuajado	0.183	0.003	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.577	0.114
Pre-floración vs Cuajado	0.657	0.367	0.002	0.021	0.014	0.053	0.901	0.348	0.211
Manual vs Mecánico	0.016	0.016	0.790	0.099	0.018	0.155	0.694	0.027	0.157
Aclareo manual vs Deshojado	<0.001	<0.001	0.193	0.233	0.152	0.091	<0.001	0.013	<0.001
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)									
Tratamiento	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.005	<0.001

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

El análisis de varianza conjunto de los datos de azúcares y acidez en uva de la variedad Graciano de los años 2008 y 2009 mostró que el factor tratamiento modificó significativamente la concentración de ácido málico. Para el resto de variables, la interacción tratamiento x año resultó significativa, lo que ratificó las diferencias observadas para estos parámetros entre los dos años en ciertos tratamientos de deshojado (Tabla 4.41).

Tabla 4.41. Análisis de varianza de la composición química de la uva de Graciano (Ollauri, La Rioja) durante los años 2008 y 2009. Valores de probabilidad de los factores tratamiento, año e interacción año x tratamiento.

Factor	Azúcares (°Brix)	pH	Acidez Total (g/l Ác. Tart.)	Ác. Málico (g/l)	Ác. Tartárico (g/l)	Antocianos (mg/baya)	Antocianos (mg/g baya)	Fenoles (UA/baya)	Fenoles (UA/g baya)
Tratamiento	0.596	0.772	0.097	0.041	0.549	0.618	0.250	0.525	0.508
Año	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.005	<0.001	<0.001
Tratamiento x Año	<0.001	<0.001	0.005	0.083	<0.001	0.003	0.006	0.007	<0.001

C. MAZUELO

El deshojado precoz no indujo cambios significativos en la concentración de azúcares en uva en la variedad Mazuelo salvo en el año 2009 para los tratamientos realizados en pre-floración (Tablas 4.42 y 4.43), que provocaron un aumento significativo de los azúcares. La acidez total aumentó en el año 2008 para los dos deshojados manuales, independientemente de la época de intervención, pero no se vio afectada en ningún caso en el año 2009.

Tabla 4.42. Influencia del deshojado precoz en la composición química, color y contenido polifenólico de la baya de Mazuelo en vendimia en el año 2008. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Hormilla, La Rioja.

Tratamiento	Azúcares (°Brix)	pH	Acidez Total (g/l Ác. Tart.)	Ác. Málico (g/l)	Ác. Tartárico (g/l)	Antocianos (mg/baya)	Antocianos (mg/g baya)	Fenoles (UA/baya)	Fenoles (UA/g baya)
Control	20.5 (0.16)	3.40 (0.04)	6.47 (0.12)	3.76 (0.10)	3.58 (0.09)	1.90 (0.09)	1.65 (0.04)	1.46 (0.06)	1.31 (0.03)
Manual Pre-Floración 8 hojas	20.8 (0.17)	3.21 (0.02)	7.53 (0.13)	3.62 (0.08)	4.10 (0.09)	2.48 (0.10)	1.91 (0.04)	1.87 (0.08)	1.48 (0.03)
Manual Cuajado 8 hojas	20.8 (0.22)	3.20 (0.03)	7.25 (0.12)	3.28 (0.08)	3.88 (0.11)	2.34 (0.15)	1.85 (0.03)	1.65 (0.06)	1.41 (0.03)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	21.2 (0.31)	3.41 (0.03)	6.50 (0.11)	3.58 (0.15)	3.80 (0.11)	2.50 (0.13)	1.88 (0.04)	1.92 (0.08)	1.44 (0.04)
Aclareo Manual	20.7 (0.24)	3.45 (0.03)	6.47 (0.14)	4.05 (0.13)	3.67 (0.07)	2.39 (0.11)	1.76 (0.04)	1.77 (0.08)	1.33 (0.04)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes									
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.107	<0.001	0.006	0.044	0.004	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Control vs Deshojado pre-floración	0.074	0.016	0.023	0.246	0.003	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Control vs Deshojado cuajado	0.389	<0.001	0.005	0.004	0.037	0.009	<0.001	0.065	0.029
Pre-floración vs Cuajado	0.996	0.834	0.319	0.036	0.105	0.405	0.280	0.035	0.153
Manual vs Mecánico	0.154	<0.001	<0.001	0.762	0.029	0.915	0.562	0.596	0.343
Aclareo manual vs Deshojado	0.303	<0.001	0.005	<0.001	0.024	0.722	0.018	0.651	0.008
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)									
Tratamiento	0.102	<0.001	<0.001	<0.001	0.004	0.003	<0.001	<0.001	0.002

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

Tabla 4.43. Influencia del deshojado precoz en la composición química, color y contenido polifenólico de la baya de Mazuelo en vendimia en el año 2009. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Hormilla, La Rioja.

Tratamiento	Azúcares (°Brix)	pH	Acidez Total (g/l Ác. Tart.)	Ác. Málico (g/l)	Ác. Tartárico (g/l)	Antocianos (mg/baya)	Antocianos (mg/g baya)	Fenoles (UA/baya)	Fenoles (UA/g baya)
Control	22.7 (0.33)	3.64 (0.03)	6.35 (0.16)	3.36 (0.16)	3.56 (0.14)	2.30 (0.10)	1.65 (0.05)	1.94 (0.07)	1.40 (0.04)
Manual Pre-Floración 8 hojas	23.3 (0.72)	3.69 (0.04)	5.92 (0.15)	2.90 (0.16)	3.73 (0.28)	2.76 (0.08)	1.77 (0.09)	2.30 (0.06)	1.55 (0.03)
Manual Cuajado 8 hojas	22.8 (0.37)	3.65 (0.02)	6.74 (0.11)	2.98 (0.13)	4.11 (0.09)	2.49 (0.07)	1.61 (0.09)	2.13 (0.05)	1.45 (0.04)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	24.2 (0.23)	3.76 (0.03)	6.52 (0.10)	2.81 (0.12)	3.88 (0.07)	2.51 (0.13)	1.70 (0.08)	2.22 (0.11)	1.50 (0.05)
Aclareo Manual	23.2 (0.24)	3.75 (0.03)	6.92 (0.16)	3.61 (0.12)	3.92 (0.11)	2.56 (0.10)	1.66 (0.06)	2.09 (0.08)	1.34 (0.03)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes									
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.113	0.087	0.858	0.006	0.053	0.009	0.593	0.001	0.029
Control vs Deshojado pre-floración	0.045	0.029	0.657	0.009	0.219	0.004	0.336	<0.001	0.012
Control vs Deshojado cuajado	0.874	0.904	0.175	0.044	0.006	0.146	0.713	0.069	0.346
Pre-floración vs Cuajado	0.369	0.289	0.013	0.698	0.073	0.046	0.115	0.082	0.082
Manual vs Mecánico	0.220	0.203	0.142	0.740	0.594	0.064	0.498	0.457	0.401
Aclareo manual vs Deshojado	0.700	0.101	0.049	<0.001	0.938	0.842	0.672	0.146	0.001
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)									
Tratamiento	0.207	0.008	0.033	0.001	0.077	0.016	0.569	0.007	0.004

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

De forma análoga a la acidez total, la concentración de ácido tartárico aumentó significativamente debida al deshojado manual en el año 2008, y solamente cuando este se realizó en cuajado en el año 2009. El pH mostró resultados discrepantes entre los dos años de estudio, ya que en el 2008 disminuyó como consecuencia de la eliminación manual de hojas mientras que en el 2009 aumentó, aunque sólo significativamente para el deshojado mecánico en pre-floración. La degradación de ácido málico se vio también favorecida por el deshojado precoz en los dos años, aunque con mayor incidencia en el 2009. En este año, la concentración de ácido málico de las uvas sometidas a los tres tipos de deshojado precoz fue en todos los casos inferior a la del control mientras que en el 2008 solamente para la defoliación manual en cuajado. La composición físico-química de las uvas de la variedad Mazuelo no se vio especialmente afectada por el modo de ejecución del deshojado precoz. Las únicas diferencias relevantes se observaron en los parámetros de acidez, pH, acidez total y concentración de ácido tartárico en el año 2008, en los que los efectos fueron más moderados que los del deshojado manual.

En general, el aclareo manual de racimos no provocó cambios significativos respecto al control en la composición físico-química de la uva de Mazuelo. El deshojado precoz mostró diferencias significativas frente al aclareo manual para todos los parámetros de acidez en el año 2008 y para la acidez total y la concentración de ácido málico en el año 2009.

Cuando se realizó el análisis de varianza conjunto de los datos de azúcares y acidez en uva de la variedad Mazuelo para los dos años de estudio, el factor tratamiento afectó significativamente las concentraciones de los ácidos málico y tartárico (Tabla 4.44). Las diferencias en las respuestas en el pH y la acidez total, observadas para algunos tratamientos entre los años 2008 y 2009 se reflejaron en la significación estadística de la interacción tratamiento x año para estos dos parámetros.

Tabla 4.44. Análisis de varianza de la composición química de la uva de Mazuelo (Hormilla, La Rioja) durante los años 2008 y 2009. Valores de probabilidad de los factores tratamiento, año e interacción año x tratamiento.

Factor	Azúcares (°Brix)	pH	Acidez Total (g/l Ác. Tart.)	Ác. Málico (g/l)	Ác. Tartárico (g/l)	Antocianos (mg/baya)	Antocianos (mg/g baya)	Fenoles (UA/baya)	Fenoles (UA/g baya)
Tratamiento	0.141	0.199	0.816	0.025	0.004	<0.001	0.033	<0.001	0.005
Año	<0.001	<0.001	0.011	<0.001	0.657	0.003	<0.001	<0.001	0.022
Tratamiento x Año	0.259	<0.001	<0.001	0.355	0.079	0.452	0.389	0.586	0.842

4.3.3. COLOR Y POLIFENOLES

4.3.3.1. ANTOCIANOS Y POLIFENOLES POR EXTRACCIÓN Y ESPECTROFOTOMETRÍA UV-VISIBLE

A. TEMPRANILLO

Los resultados de antocianos y polifenoles en uva de la variedad Tempranillo para los distintos tratamientos estudiados en los años 2007 y 2008, se recogen en las tablas 4.36 y 4.37 respectivamente. El contenido (mg/baya) y la concentración (mg/g baya) de antocianos aumentaron de forma significativa debido al deshojado precoz, aunque el efecto fue más acusado en el año 2007 (Tabla 4.36), en el que la concentración de antocianos de todos los tratamientos de deshojado fue mayor a la del control, con incrementos entre el 24-35 %. La eliminación de hojas alrededor de la floración causó un aumento entre el 7-12 % de la concentración de fenoles totales en el año 2007, pero no tuvo mayor incidencia en el contenido y concentración fenólicas en el año 2008 (Tabla 4.37). En líneas generales, la defoliación mecánica indujo una mayor acumulación de antocianos que la eliminación manual de hojas. Respecto a la mecanización el tipo de deshojadora no tuvo ningún impacto en la madurez fenólica de la uva en el año 2007, mientras que en el año 2008 la deshojadora de impulsión de aire (Collard) indujo un mayor contenido de antocianos en la uva que la deshojadora de aspiración y corte (Tordable). Entre las diferentes velocidades de deshojado estudiadas (para la máquina de impulsión de aire), prácticamente no se observaron diferencias entre 2 y 3 km/h y el control, mientras que el deshojado a 0.5 km/h indujo

valores más altos de antocianos tanto por baya como por peso fresco de baya que el deshojado a 2 km/h (Tabla 4.37).

Cuando se realizó el análisis de varianza de forma conjunta de los datos de color y polifenoles en uva en Tempranillo para los años 2007 y 2008 se observó que el factor tratamiento afectó significativamente el contenido y la concentración de antocianos, mientras que la interacción tratamiento x año fue significativa para la concentración de fenoles en uva (Tabla 4.38).

En el año 2007 se representó la concentración y el contenido en antocianos y polifenoles en uva para las distintas clases de peso de baya establecidas mediante disección, para los principales tratamientos (Figura 4.22). El contenido en antocianos y polifenoles totales aumentó en todos los tratamientos para pesos de baya mayores (Figura 4.22a y c). Excepto para las bayas con marca de clase 1.33 g, el contenido en antocianos y polifenoles fue mayor en todos los tratamientos de deshojado precoz que en el control para el resto de pesos de baya, no observándose diferencias apreciables entre los cuatro tratamientos de deshojado representados. En términos de concentración, el tratamiento control mostró un máximo tanto en antocianos como en polifenoles totales para las bayas cuyo peso correspondía a la clase con marca 1.33 g (Figura 4.22b y d). Para el resto de tratamientos de deshojado dichas concentraciones no variaron demasiado o disminuyeron para pesos de baya mayores. Del mismo modo los contenidos por baya, las concentraciones de antocianos y polifenoles totales en uva de los tratamientos de deshojado fueron mayores para las diferentes clases de peso de baya, excepto para la de marca 1.33 g.

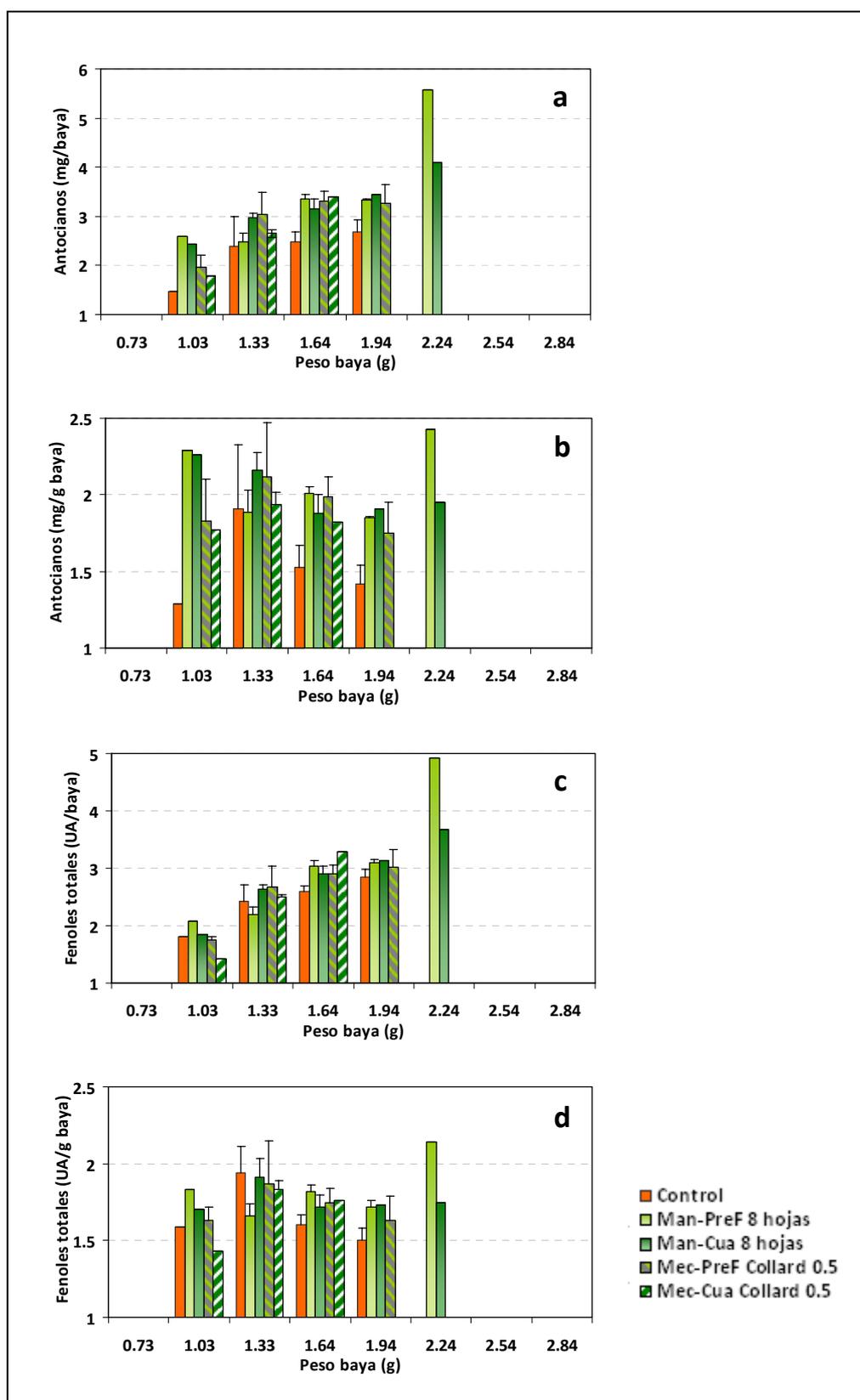


Figura 4.22. Contenido y concentración de antocianos (a) y (b) y de polifenoles totales (c) y (d) en uva de Tempranillo para las distintas clases de peso de baya en el año 2007.

B. GRACIANO

El deshojado precoz indujo un incremento del contenido en antocianos en las bayas de Graciano en el año 2009 (Tabla 4.40) así como de las concentraciones de antocianos y polifenoles totales respecto al control en los dos años de estudio (Tablas 4.39 y 4.40), observándose los efectos más pronunciados para los tratamientos llevados a cabo en pre-floración. El deshojado mecánico, aunque eficaz frente al control, no mostró diferencias significativas para ninguno de los cuatro parámetros de color y polifenoles respecto a la defoliación manual. En el año 2009 las concentraciones de antocianos y polifenoles para los tratamientos de deshojado precoz fueron significativamente mayores que las correspondientes al aclareo manual (Tabla 4.40).

El análisis de varianza conjunto de los datos de color y polifenoles en uva de la variedad Graciano para los años 2008 y 2009 se recoge en la tabla 4.41. Los únicos factores que mostraron significación estadística para el contenido y la concentración de antocianos y polifenoles en uva fueron el año y la interacción tratamiento x año, reflejando las diferencias observadas para algunos tratamientos entre un año y otro.

C. MAZUELO

El contenido y la concentración de antocianos y polifenoles aumentaron de forma significativa en la uva de la variedad Mazuelo debido al deshojado precoz (Tablas 4.42 y 4.43). El efecto fue más pronunciado en el año 2008, ya que todos los tratamientos de deshojado indujeron una mayor acumulación de antocianos (12-16 % en mg/g baya) y polifenoles (7.5-13 % en UA/g baya) respecto al control, mientras que en el año 2009, solamente se observó para el deshojado realizado en pre-floración, especialmente de forma manual. En el año 2008 la época de defoliación no tuvo un efecto marcado en el color y concentración de polifenoles en la uva de Mazuelo, como tampoco lo tuvo el modo de ejecución, en ninguno de los dos años de estudio.

A pesar de que el aclareo manual indujo un incremento en los contenidos de antocianos y polifenoles en uva respecto al control en el año 2008, las concentraciones no se vieron modificadas, por efecto compensatorio del tamaño de baya. En general, el

deshojado precoz estimuló una mayor acumulación de polifenoles en baya (expresada como AU/g baya) que el aclareo manual de racimos.

En la variedad Mazuelo, el análisis de varianza de los datos de color y polifenoles en uva realizado de forma conjunta para los dos años de estudio mostró un efecto significativo de los factores tratamiento y año para los cuatro parámetros de contenido y concentración de antocianos y polifenoles (Tabla 4.44). En ningún caso la interacción tratamiento x año resultó significativa.

4.3.3.2. MONÓMEROS FENÓLICOS POR CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA DE ALTA RESOLUCIÓN (HPLC)

La identificación y cuantificación de los principales monómeros que conforman el perfil fenólico en la uva permite profundizar en el conocimiento del impacto del deshojado precoz en la acumulación de estos metabolitos secundarios, tan importantes en la calidad de la uva y del vino.

A. TEMPRANILLO

La tabla 4.45 recoge las identidades y los tiempos de retención de los monómeros fenólicos identificados en los extractos de uva de Tempranillo durante los años 2007 y 2008. Se analizaron un total de 21 compuestos fenólicos: un ácido benzoico, un flavanol, tres ácidos hidroxicinámicos, tres flavonoles, nueve antocianos, un estilbeno y dos polifenoles sin determinar.

Tabla 4.45. Identidad, grupo fenólico y tiempo de retención de los monómeros fenólicos analizados en extractos de uva de Tempranillo en los años 2007 y 2008 (longitud de onda de detección y cuantificación (λ)).

Nº pico	Identificación	λ (nm)	Tiempo retención (min)	Grupo fenólico
1	Ácido Gálico	280	17.188	Ácido benzoico
2	Grape Reaction Product	316	22.029	Quinona
3	Ácido <i>cis</i> -caftárico	316	24.316	Ác. hidroxicinámico
4	Ácido <i>trans</i> -caftárico	316	28.018	Ác. hidroxicinámico
5	Polifenol I	365	29.507	Indeterminado
6	(+)-catequina	280	30.288	Flavanol
7	Delfinidina-3-glucósido	520	32.812	Antociano
8	Ácido cafeico	316	35.441	Ác. hidroxicinámico
9	Cianidina-3-glucósido	520	36.261	Antociano
10	Polifenol II	365	36.891	Indeterminado
11	Petunidina-3-glucósido	520	37.824	Antociano
12	Peonidina-3-glucósido	520	41.326	Antociano
13	Malvidina-3-glucósido	520	42.267	Antociano
14	Miricetina-O-glucósido	365	44.009	Flavonol
15	Quercetina-O-galactósido	365	44.942	Flavonol
16	Quercetina-O-glucurónido+ Quercetina-O-glucosido	365	49.779	Flavonol
17	Acetato de malvidina-3-glucósido	520	52.514	Antociano
18	<i>p</i> -Cumarato de cianidina-3-glucósido	520	54.882	Antociano
19	<i>p</i> -Cumarato de petunidina-3-glucósido	520	55.235	Antociano
20	<i>p</i> -Cumarato de malvidina-3-glucósido	520	57.887	Antociano
21	<i>Trans</i> -resveratrol	316	62.096	Estilbeno

En aquellos casos en los que la identidad no fue concluyente la longitud de onda de detección a la que presentaban una mayor respuesta, sirvió para su cuantificación.

La figura 4.23 muestra los cromatogramas de extracto de uva de Tempranillo, a las cuatro longitudes de onda estudiadas, 280, 316, 365 y 520 nm, así como la identificación de cada compuesto. El pico 16 corresponde a un compuesto del grupo de los flavonoles. Sin embargo, un análisis más detallado de la pureza de pico reveló la co-elución de dos flavonoles, que fueron identificados como quercetina-*O*-glucurónido y quercetina-*O*-glucósido.

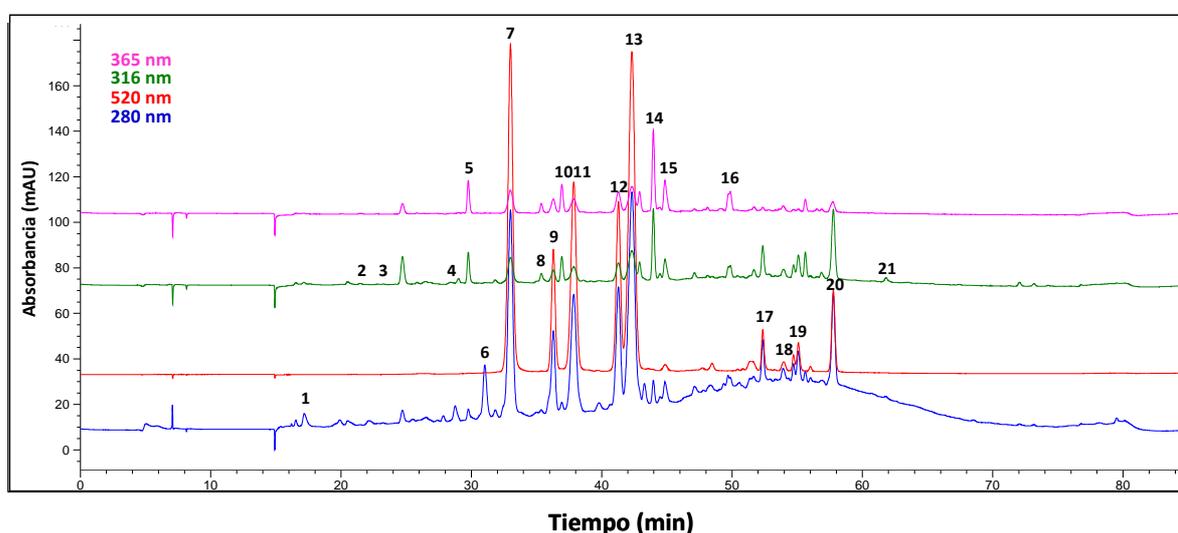


Figura 4.23. Cromatograma del extracto de uva de Tempranillo a las cuatro longitudes de onda de detección: 280 nm (azul), 520 nm (rojo), 316 nm (verde) y 365 nm (rosa). Los números corresponden a los diferentes compuestos fenólicos identificados que se detallan en la Tabla 4.45.

▪ **Ácido gálico y (+)-catequina**

El deshojado precoz no indujo cambios significativos en las concentraciones de ácido gálico y (+)-catequina en la uva de Tempranillo en ninguno de los dos años (Tabla 4.46).

En general, no se observaron diferencias entre las dos épocas de deshojado, aunque en el año 2007, el deshojado mecánico en cuajado provocó un incremento en la concentración de ácido gálico respecto al control.

Tabla 4.46. Influencia del deshojado precoz en la concentración de ácido gálico y (+)-catequina en uva de Tempranillo (valores expresados como mg/kg uva), en los años 2007 y 2008. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes.

Tratamiento	Año 2007		Año 2008	
	Ácido gálico	(+)-catequina	Ácido gálico	(+)-catequina
Control	7.3 (1.18)	154.2 (8.88)	17.8 (1.21)	149.4 (21.07)
Manual Pre-Floración 8 hojas	6.4 (1.07)	137.0 (9.41)	15.2 (1.50)	126.8 (8.13)
Manual Cuajado 8 hojas	5.3 (1.44)	134.3 (11.83)	14.4 (1.60)	122.4 (3.01)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	8.0 (0.37)	152.9 (4.97)	18.0 (0.71)	154.7 (8.58)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	10.7 (0.84)	156.3 (9.42)	16.1 (1.59)	155.6 (18.70)
Aclareo Manual	---	---	13.6 (0.05)	125.3 (3.64)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes				
Control vs Deshojado	0.821	0.201	0.228	0.473
Control vs Deshojado pre-floración	0.915	0.432	0.475	0.540
Control vs Deshojado cuajado	0.604	0.124	0.141	0.481
Pre-floración vs Cuajado	0.448	0.317	0.296	0.877
Manual vs Mecánico	0.008	0.031	0.048	0.014
Aclareo vs Deshojado	---	---	0.184	0.333
Análisis de varianza-Valores de probabilidad (p)				
Tratamiento	0.041	0.398	0.152	0.146

**Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.*

Respecto al modo de ejecución, la uva correspondiente a los tratamientos de defoliación mecánica fue más ricos en ácido gálico y (+)-catequina que la uva de los deshojados manuales, con valores en todos los casos similares al control. En el año 2008 no se detectaron diferencias significativas entre las concentraciones de estos dos monómeros fenólicos de los tratamientos de aclareo manual y deshojado precoz.

▪ **“Grape Reaction Product” (GRP), ácidos hidroxicinámicos y *trans-resveratrol***

Los cromatogramas de los extractos de uva de Tempranillo obtenidos a 316 nm mostraron diferencias en la composición fenólica, principalmente en el grupo de ácidos hidroxicinámicos, entre los dos años de estudio. Así, en el año 2007 solamente se pudo cuantificar el compuesto 2-S- glutationil-cafeoiltartárico, más comúnmente denominado Grape Reaction Product (GRP), mientras que en el año 2008 pudieron ser cuantificados los ácidos hidroxicinámicos *cis-* y *trans*-caftárico, cafeico, así como un compuesto perteneciente al grupo de los estilbenos, el *trans*- resveratrol.

La tabla 4.47 muestra el efecto del deshojado precoz en las concentraciones de GRP, ácidos hidroxicinámicos y *trans*-resveratrol en extractos de uva de Tempranillo de los años 2007 y 2008. En el año 2007, la concentración de GRP en la uva de Tempranillo no varió sustancialmente debido al deshojado precoz salvo en el caso del deshojado mecánico en pre-floración, en que aumentó de forma significativa. En el año 2008, de los tres ácidos hidroxicinámicos identificados en uva de Tempranillo, el mayoritario (expresado en mg ácido cafeico/kg uva) fue el ácido *cis*-caftárico. El deshojado precoz no afectó las concentraciones de los ácidos *cis-* y *trans*-caftárico y cafeico de forma individual. Sin embargo, cuando se compararon las concentraciones totales de este grupo fenólico, la uva correspondiente al deshojado realizado en cuajado mostró valores significativamente inferiores (26 %) al control. Del mismo modo, la defoliación en cuajado también indujo concentraciones de *trans*-resveratrol en uva inferiores a las del control. Por otro lado, ni la época ni el modo de ejecución causaron diferencias significativas en las concentraciones de ninguno de estos monómeros fenólicos. El aclareo manual indujo mayores concentraciones de ácido *cis*-caftárico y de ácidos hidroxicinámicos totales en uva que el deshojado precoz.

Tabla 4.47. Influencia del deshojado precoz en la concentración de Grape Reaction Product (GRP), ácidos hidroxicinámicos y *trans*-resveratrol en uva de Tempranillo (valores expresados como mg ácido cafeico/kg uva), en los años 2007 y 2008. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes.

Tratamiento	Año 2007	Año 2008				
	GRP	Ácido <i>cis</i> -caftárico	Ácido <i>trans</i> -caftárico	Ácido cafeico	Hidroxicinámicos totales	<i>trans</i> -resveratrol
Control	8.2 (2.03)	9.0 (0.82)	3.5 (0.73)	2.5 (0.37)	14.1 (1.42)	6.2 (2.12)
Manual Pre-Floración 8 hojas	8.5 (0.53)	9.2 (0.40)	1.8 (0.52)	2.2 (0.57)	12.4 (0.86)	6.3 (1.34)
Manual Cuajado 8 hojas	11.1 (0.64)	8.1 (0.45)	1.9 (0.74)	1.6 (0.72)	10.8 (1.26)	3.2 (0.34)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	11.9 (0.65)	8.9 (0.63)	2.1 (0.18)	2.7 (0.33)	12.7 (0.76)	6.1 (0.47)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	7.0 (0.42)	7.2 (0.58)	2.1 (0.02)	1.5 (0.80)	10.0 (0.89)	3.3 (0.47)
Aclareo Manual	---	11.4 (1.55)	2.9 (1.42)	2.2 (0.76)	15.8 (2.45)	6.6 (1.55)
Valores de probabilidad (<i>p</i>) de los contrastes						
Control vs Deshojado	0.238	0.441	0.061	0.453	0.091	0.118
Control vs Deshojado pre-floración	0.139	0.961	0.075	0.928	0.345	0.309
Control vs Deshojado cuajado	0.507	0.167	0.101	0.221	0.039	0.043
Pre-floración vs Cuajado	0.288	0.092	0.944	0.175	0.139	0.296
Manual vs Mecánico	0.735	0.502	0.799	0.715	0.857	0.268
Aclareo vs Deshojado	---	0.003	0.257	0.770	0.014	0.067
Análisis de varianza-Valores de probabilidad (<i>p</i>)						
Tratamiento	0.037	0.049	0.471	0.712	0.040	0.045

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett

▪ Flavonoles

En las muestras de extractos de uva de Tempranillo analizadas en el presente estudio fue posible detectar y cuantificar cuatro compuestos fenólicos pertenecientes al grupo de los flavonoles: Miricetina-*O*- glucósido, quercetina-*O*-galactósido y la mezcla de quercetina-*O*-glucurónico + quercetina-*O*-glucósido. Los compuestos Polifenol I y II también se cuantificaron a la misma longitud de onda (365 nm) que los flavonoles. Las concentraciones en uva de cada flavonol así como el total para este grupo fenólico se presentan en las tablas 4.48 y 4.49 respectivamente para los años 2007 y 2008.

Las concentraciones en uva de Tempranillo de los distintos flavonoles así como del total de este grupo de compuestos fenólicos fueron mayores en el año 2007 que en el año 2008, salvo para la suma de quercetina-*O*-glucurónico + quercetina-*O*-glucósido. El deshojado precoz indujo un incremento significativo de la concentración de flavonoles totales respecto al control, debido fundamentalmente al aumento de las concentraciones de los glicósidos de quercetina. Los mayores incrementos se observaron para el deshojado mecánico en pre-floración cuyas uvas contenían el doble de glicósidos de quercetina que el control y un 75% más de flavonoles totales. Las mayores diferencias entre el control y los distintos tratamientos de deshojado precoz se observaron para la mezcla de quercetina-*O*-glucurónico y quercetina-*O*-glucósido en el año 2008. Paradójicamente, en el año 2007 el deshojado precoz indujo una reducción significativa de la concentración de estos dos glicósidos de quercetina respecto al control, especialmente cuando la eliminación de hoja se realizó en cuajado y en pre-floración mecánicamente.

De forma general, ni la época ni el modo de ejecución del deshojado precoz afectaron de forma significativa a la síntesis y acumulación de flavonoles en uva de Tempranillo.

Tabla 4.48. Influencia del deshojado precoz en la concentración de flavonoles en uva de Tempranillo (valores expresados como mg quercetina/kg uva) del año 2007. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes.

Tratamiento	Polifenol I	Polifenol II	Miricetina-O-glucósido	Quercetina-O-galactósido	Quercetina-O-glucurónido + quercetina-O-glucósido	Flavonoles totales
Control	8.8 (1.96)	8.6 (1.61)	26.1 (3.50)	14.3 (0.68)	17.2 (5.71)	77.4 (10.36)
Manual Pre-Floración 8 hojas	10.6 (0.72)	9.9 (0.55)	28.9 (1.63)	17.5 (3.59)	16.5 (6.26)	81.4 (11.45)
Manual Cuajado 8 hojas	12.3 (1.66)	11.6 (1.15)	31.1 (4.01)	18.3 (2.15)	5.2 (1.22)	77.0 (1.66)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	9.5 (1.22)	9.4 (0.68)	28.7 (0.36)	20.0 (2.14)	3.4 (0.63)	69.1 (1.35)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	10.9 (0.90)	10.5 (0.76)	27.9 (2.15)	18.9 (3.03)	4.5 (0.86)	70.8 (6.82)
Valores de probabilidad (<i>p</i>) de los contrastes						
Control vs Deshojado	0.218	0.152	0.331	0.151	0.046	0.824
Control vs Deshojado pre-floración	0.471	0.407	0.430	0.179	0.154	0.789
Control vs Deshojado cuajado	0.129	0.077	0.320	0.193	0.026	0.889
Pre-floración vs Cuajado	0.296	0.206	0.789	0.952	0.220	0.876
Manual vs Mecánico	0.384	0.472	0.530	0.562	0.103	0.293
Análisis de varianza-Valores de probabilidad (<i>p</i>)						
Tratamiento	0.477	0.361	0.759	0.591	0.050	0.830

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

Tabla 4.49. Influencia del deshojado precoz en la concentración de flavonoles en uva de Tempranillo (valores expresados como mg ácido quercetina/kg uva) del año 2008. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes.

Tratamiento	Polifenol I	Polifenol II	Miricetina-O-glucósido	Quercetina-O-galactósido	Quercetina-O-glucurónido + quercetina-O-glucósido	Flavonoles totales
Control	4.6 (0.84)	4.1 (0.62)	11.1 (1.19)	9.9 (2.52)	11.1 (1.69)	36.5 (4.77)
Manual Pre-Floración 8 hojas	4.9 (0.63)	4.4 (0.71)	12.5 (2.04)	12.0 (1.39)	18.2 (3.26)	48.1 (5.90)
Manual Cuajado 8 hojas	5.3 (1.33)	5.5 (1.13)	15.9 (3.56)	14.0 (1.25)	20.7 (1.74)	57.8 (8.12)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	5.4 (0.96)	4.7 (0.96)	14.2 (2.55)	17.7 (1.26)	25.3 (2.20)	63.7 (5.20)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	3.5 (0.09)	3.2 (0.24)	9.9 (0.31)	13.8 (0.26)	21.9 (3.20)	48.0 (2.99)
Aclareo Manual	4.2 (1.14)	3.4 (1.09)	9.3 (2.60)	10.9 (0.11)	13.1 (0.36)	36.4 (4.67)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes						
Control vs Deshojado	0.846	0.745	0.517	0.022	0.001	0.024
Control vs Deshojado pre-floración	0.613	0.692	0.492	0.016	0.002	0.020
Control vs Deshojado cuajado	0.902	0.838	0.618	0.069	0.005	0.046
Pre-floración vs Cuajado	0.472	0.846	0.875	0.568	0.871	0.663
Manual vs Mecánico	0.520	0.343	0.448	0.115	0.119	0.668
Aclareo vs Deshojado	0.660	0.384	0.272	0.103	0.013	0.040
Análisis de varianza-Valores de probabilidad (p)						
Tratamiento	0.859	0.647	0.528	0.024	0.005	0.034

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

El aclareo manual de racimos no provocó alteraciones en las concentraciones de flavonoles en uva de Tempranillo respecto al control en el año 2008. Sin embargo, si se compara con el deshojado precoz, la eliminación manual de racimos en pre-enero condujo a la obtención de uva menos rica en flavonoles que la eliminación de hojas alrededor de la floración en este año.

▪ **Antocianos**

En los extractos de uva de la variedad Tempranillo se identificaron y cuantificaron nueve antocianos distintos: delfinidina-3-glucósido, cianidina-3-glucósido, petunidina-3-glucósido, peonidina-3-glucósido, malvidina-3-glucósido, acetato de malvidina-3-glucósido, *p*-cumarato de cianidina-3-glucósido, *p*-cumarato de petunidina-3-glucósido y *p*-cumarato de malvidina-3-glucósido (Tablas 4.50 y 4.51). De todos ellos, el mayoritario fue la malvidina-3-glucósido, seguido por la delfinidina-3-glucósido y petunidina-3-glucósido, tal y como puede verse en la figura 4.24.

En general, las concentraciones de estos compuestos fenólicos, responsables del color en la uva tinta, fueron mayores en el año 2007 que en el 2008, para todos los tratamientos estudiados, incluido el control (Tablas 4.50 y 4.51). Ello se corresponde y refuerza los resultados de color en uva obtenidos mediante espectrofotometría VIS, descritos en el subapartado 4.3.3.1.

El deshojado precoz indujo un incremento significativo de la concentración de antocianos totales en uva de la variedad Tempranillo en los dos años de estudio.

Además, a nivel individual dicho incrementó se manifestó para ocho antocianos en el año 2007 (Tabla 4.50) y para cuatro de ellos, delfinidina-3-glucósido, petunidina-3-glucósido, acetato de malvidina-3-glucósido y *p*-cumarato de cianidina-3-glucósido, en el año 2008 (Tabla 4.51).

Tabla 4.50. Influencia del deshojado precoz en la concentración de antocianos en uva de Tempranillo (valores expresados como mg malvidina-3-glucósido/kg uva) del año 2007. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes.

Tratamiento	Delfinidina-3-glucósido	Cianidina-3-glucósido	Petunidina-3-glucósido	Peonidina-3-glucósido	Malvidina-3-glucósido	Acetato de malvidina-3-glucósido	p -cumarato de cianidina-3-glucósido	p -cumarato de petunidina-3-glucósido	p -cumarato de malvidina-3-glucósido	Antocianos totales
Control	266.0 (29.05)	51.8 (16.20)	179.5 (13.06)	103.7 (21.84)	447.1 (24.68)	20.5 (0.92)	4.4 (0.83)	15.8 (1.08)	61.6 (4.53)	1271.0 (70.80)
Manual Pre-Floración 8 hojas	440.1 (51.94)	90.9 (15.54)	276.7 (25.66)	160.4 (17.94)	583.3 (32.33)	30.0 (2.96)	8.6 (1.54)	23.7 (2.28)	80.5 (11.30)	1873.6 (176.21)
Manual Cuajado 8 hojas	399.3 (6.02)	86.4 (11.11)	249.9 (3.59)	153.7 (16.69)	523.8 (22.98)	29.5 (2.99)	8.2 (0.66)	21.7 (1.60)	73.0 (7.31)	1708.8 (15.67)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	371.3 (11.83)	80.9 (10.51)	243.2 (7.32)	150.2 (14.30)	535.7 (45.00)	31.1 (2.65)	8.1 (0.75)	23.0 (1.79)	75.4 (8.38)	1678.9 (54.91)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	370.5 (20.51)	107.6 (17.44)	233.4 (3.95)	187.5 (20.16)	460.0 (25.19)	21.5 (2.38)	7.7 (0.44)	15.1 (2.11)	51.1 (8.02)	1609.5 (34.59)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes										
Control vs Deshojado	0.002	0.034	<0.001	0.016	0.047	0.022	0.004	0.034	0.379	0.001
Control vs Deshojado pre-floración	0.003	0.043	<0.001	0.045	0.015	0.008	0.006	0.007	0.133	0.001
Control vs Deshojado cuajado	0.007	0.029	0.004	0.014	0.267	0.135	0.009	0.285	0.964	0.005
Pre-floración vs Cuajado	0.486	0.458	0.205	0.425	0.055	0.068	0.710	0.021	0.081	0.222
Manual vs Mecánico	0.121	0.706	0.093	0.535	0.104	0.198	0.605	0.071	0.129	0.134
Análisis de varianza-Valores de probabilidad (p)										
Tratamiento	0.018	0.173	0.006	0.091	0.050	0.030	0.050	0.017	0.155	0.009

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

Tabla 4.51. Influencia del deshojado precoz en la concentración de antocianos en uva de Tempranillo (valores expresados como mg malvidina-3-glucósido/kg uva) del año 2008. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes.

Tratamiento	Delfinidina-3-glucósido	Cianidina-3-glucósido	Petunidina-3-glucósido	Peonidina-3-glucósido	Malvidina-3-glucósido	Acetato de malvidina-3-glucósido	p-cumarato de cianidina-3-glucósido	p-cumarato de petunidina-3-glucósido	p-cumarato de malvidina-3-glucósido	Antocianos totales
Control	229.2 (24.06)	91.5 (19.30)	140.9 (15.85)	115.9 (13.00)	327.1 (67.19)	17.8 (3.88)	5.7 (0.62)	12.9 (3.44)	54.1 (19.40)	1098.3 (119.01)
Manual Pre-Floración 8 hojas	293.3 (15.06)	116.7 (10.01)	173.2 (13.37)	146.0 (18.30)	336.4 (35.42)	19.1 (1.60)	6.9 (0.34)	12.8 (1.36)	45.9 (5.48)	1271.8 (94.40)
Manual Cuajado 8 hojas	273.2 (13.66)	64.8 (7.54)	176.2 (10.26)	99.3 (7.98)	414.4 (32.02)	25.4 (1.45)	5.9 (0.28)	18.7 (1.60)	70.2 (7.71)	1267.0 (66.84)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	349.8 (10.34)	114.8 (5.45)	221.5 (7.66)	176.5 (10.42)	449.3 (24.60)	24.1 (1.44)	8.4 (0.38)	16.8 (1.11)	58.4 (4.45)	1570.1 (52.61)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	295.7 (3.61)	67.7 (1.92)	195.8 (0.83)	114.9 (2.87)	467.9 (17.03)	26.2 (1.47)	6.5 (0.27)	19.8 (1.02)	77.4 (8.37)	1404.0 (38.91)
Aclareo Manual	295.5 (26.36)	139.1 (22.80)	167.3 (8.48)	154.3 (19.18)	316.9 (20.67)	20.4 (1.81)	8.3 (0.87)	13.3 (2.09)	48.6 (8.75)	1286.5 (46.75)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes										
Control vs Deshojado	0.001	0.969	0.001	0.267	0.062	0.027	0.027	0.081	0.444	0.009
Control vs Deshojado pre-floración	<0.001	0.121	<0.001	0.014	0.181	0.158	0.002	0.432	0.873	0.004
Control vs Deshojado cuajado	0.025	0.139	0.009	0.639	0.042	0.011	0.373	0.024	0.150	0.044
Pre-floración vs Cuajado	0.055	0.001	0.377	0.002	0.264	0.080	0.009	0.045	0.035	0.345
Manual vs Mecánico	0.043	0.968	0.014	0.138	0.063	0.228	0.055	0.233	0.363	0.024
Aclareo vs Deshojado	0.737	0.007	0.126	0.278	0.064	0.246	0.039	0.162	0.274	0.401
Análisis de varianza-Valores de probabilidad (p)										
Tratamiento	0.002	0.005	0.003	0.006	0.075	0.050	0.001	0.050	0.023	0.014

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

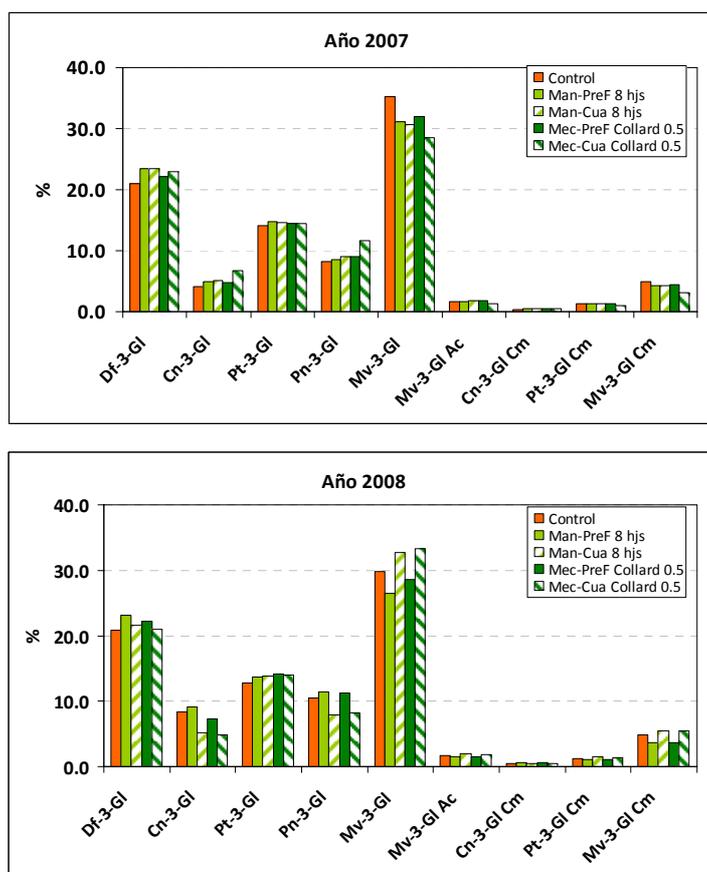


Figura 4.24. Distribución de antocianos en uva de Tempranillo, expresada en porcentaje (%) para el control y los tratamientos de deshojado precoz estudiados en los años 2007 y 2008. Abreviaturas utilizadas: Delfinidina-3-glucósido (Df-3-Gl); Cianidina-3-glucósido (Cn-3-Gl); Petunidina-3-glucósido (Pt-3-Gl); Peonidina-3-glucósido (Pn-3-Gl); Malvidina-3-glucósido (Mv-3-Gl); Acetato de malvidina-3-glucósido (Mv-3-Gl Ac); *p*-cumarato de cianidina-3-glucósido (Cn-3-Gl Cm); *p*-cumarato de petunidina-3-glucósido (Pt-3-Gl Cm); *p*-cumarato de malvidina-3-glucósido (Mv-3-Gl Cm).

El aumento de la acumulación de antocianos en uva debido a la eliminación temprana de hojas fue mayor en el año 2007, con diferencias entre el control y los tratamientos de deshojado entre 340-600 mg malvidina-3-glucósido/kg uva, lo que supuso incrementos entre el 27-47 %. En el año 2008, el aumento en la concentración de antocianos totales debido al deshojado precoz osciló entre 170-470 mg malvidina-3-glucósido/kg uva, que expresado en porcentaje fue de 15.5-43 %. A nivel individual, los mayores incrementos de concentración se observaron para los cinco antocianos-3-glucosilados.

La época de deshojado no indujo diferencias significativas salvo en la concentración de *p*-cumarato de petunidina-3-glucósido en el año 2007 y 2008 y en las concentraciones de cianidina-3-glucósido, peonidina-3-glucósido, *p*-cumarato de petunidina-3-glucósido y *p*-cumarato de malvidina-3-glucósido en el año 2008. En general, la defoliación realizada e pre-floración favoreció la acumulación de estos compuestos más que la realizada en cuajado. Sin embargo, entre los dos años de estudio se observó cierta variabilidad en el efecto de la época para el *p*-cumarato de petunidina-3-glucósido, ya que su concentración fue mayor en uva correspondiente al deshojado en pre-floración en el año 2007, y en uva correspondiente al deshojado en cuajado en el año 2008.

En general, el modo de deshojado no fue un factor determinante en la acumulación de antocianos en uva de Tempranillo en el año 2007. En el año 2008, sin embargo, la defoliación mecánica condujo a mayores concentraciones de antocianos totales, así como de delphinidina-3-glucósido y petunidina-3-glucósido, que los tratamientos manuales, con un incremento medio del 17 %, en términos de antocianos totales.

El aclareo manual de racimos condujo a un aumento de la concentración de antocianos basados en cianidina así como de delphinidina-3-glucósido respecto al control, aunque en términos de antocianos totales no se observaron diferencias significativas. Respecto al deshojado precoz, el aclareo manual de racimos pareció favorecer la síntesis y acumulación de cianidina-3-glucósido y su *p*-cumarato, con nula incidencia en el resto de antocianos así como en el total.

Se realizó el análisis de varianza conjunto de los datos de los dos años de estudio para los flavonoles y antocianos, por ser los monómeros fenólicos cuya concentración en uva fue modificada por los tratamientos de deshojado precoz en mayor medida. En la familia de los flavonoles, el factor tratamiento alteró significativamente la concentración de quercetina-O-galactósido (Tabla 4.52.). La interacción año x tratamiento resultó significativa para quercetina-O-glucurónido+quercetina-O-glucósido y para flavonoles totales, reflejando las diferencias observadas en estas concentraciones para ciertos tratamientos entre los años 2007 y 2008.

Tabla 4.52. Análisis de varianza de las concentraciones de flavonoles en uva de Tempranillo (Ollauri, La Rioja) durante los años 2007 y 2008. Valores de probabilidad de los factores tratamiento, año e interacción año x tratamiento.

Factor	Polifenol I	Polifenol II	Miricetina-O-glucósido	Quercetina-O-galactósido	Quercetina-O-glucurónico + Quercetina-O-glucósido	Flavonoles totales
Tratamiento	0.428	0.189	0.125	0.010	0.981	0.610
Año	<0.001	<0.001	<0.001	0.003	<0.001	<0.001
Tratamiento x Año	0.565	0.717	0.979	0.939	<0.001	0.007

Dentro del grupo de los antocianos, el factor tratamiento alteró significativamente la concentración de antocianos totales, pero no de ninguno de ellos individualmente (Tablas 4.53a, b). Sin embargo, la interacción tratamiento x año fue significativa para todos los antocianos analizados, excepto para la malvidina-3-glucósido y sus ésteres.

Tabla 4.53. Análisis de varianza de las concentraciones de antocianos en uva de Tempranillo (Ollauri, La Rioja) durante los años 2007 y 2008. Valores de probabilidad de los factores tratamiento, año e interacción año x tratamiento.

(a)

Factor	Delfinidina-3-glucósido	Cianidina-3-glucósido	Petunidina-3-glucósido	Peonidina-3-glucósido	Malvidina-3-glucósido
Tratamiento	0.162	0.629	0.168	0.431	0.562
Año	<0.001	0.364	<0.001	0.054	<0.001
Tratamiento x Año	0.024	0.019	0.024	0.026	0.076

(b)

Factor	Acetato de malvidina-3-glucósido	<i>p</i> -cumarato de cianidina-3-glucósido	<i>p</i> -cumarato de petunidina-3-glucósido	<i>p</i> -cumarato de malvidina-3-glucósido	Antocianos totales
Tratamiento	0.309	0.174	0.587	0.896	0.006
Año	0.015	0.100	0.008	0.278	<0.001
Tratamiento x Año	0.065	0.042	0.019	0.104	0.049

4.3.4. ANÁLISIS SENSORIAL DE BAYAS

El análisis sensorial de bayas es una herramienta complementaria al análisis físico-químico, para evaluar las características de madurez de la uva así como su aptitud para un determinado estilo de vino.

A. TEMPRANILLO

El análisis sensorial de bayas no reveló importantes diferencias de madurez entre el control y los tratamientos de deshojado precoz en la variedad Tempranillo, en el año 2007 (Tabla 4.54). La defoliación más temprana, en pre-floración indujo una mayor madurez aromática de la pulpa y de los taninos respecto al control, pero no alteró de forma significativa la madurez azúcares/acidez ni la madurez aromática de los hollejos. Las principales diferencias debidas a la época de deshojado se manifestaron en la madurez azúcares/acidez y de los taninos. En ambos casos las bayas correspondientes a la defoliación en pre-floración fueron percibidas como más maduras.

Excepto para la madurez aromática de los hollejos, el deshojado mecánico indujo un mayor grado de madurez sensorial que la eliminación de hoja manual, y además, el tipo de deshojadora utilizada repercutió de forma significativa en la madurez aromática de la pulpa. La influencia de la intensidad de defoliación manual (4 vs 8 hojas) en la época de cuajado también se reflejó en la madurez sensorial de baya, aunque de forma significativa solamente en el balance sensorial azúcares/acidez y en la madurez de los taninos.

Tabla 4.54. Influencia del deshojado precoz en la madurez sensorial de las bayas de Tempranillo en el año 2007. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Ollauri, La Rioja.

Tratamiento	Madurez azúcares/acidez	Madurez aromática pulpa	Madurez aromática hollejos	Madurez taninos
Control	2.22	2.00	1.67	1.89
Manual Pre-Floración 4 hojas	2.56	2.28	2.39	2.17
Manual Pre-Floración 8 hojas	2.33	2.06	2.00	2.50
Manual Cuajado 4 hojas	2.67	2.11	2.11	1.94
Manual Cuajado 8 hojas	1.67	1.78	1.56	1.39
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	3.00	2.83	2.22	2.50
Mecánico Cuajado Collard 0.5	2.78	2.78	1.94	2.17
Mecánico Pre-Floración Pellenc 0.5	2.50	2.11	2.00	2.17
Valores de probabilidad (p) de los contrastes				
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.196	0.114	0.115	0.469
Control vs Deshojado (ttos prales)	0.322	0.050	0.273	0.048
Control vs Deshojado pre-floración	0.073	0.029	0.094	0.043
Control vs Deshojado cuajado	0.996	0.167	0.751	0.658
Pre-floración vs Cuajado	0.029	0.308	0.096	0.024
Manual vs Mecánico	<0.001	<0.001	0.157	0.003
Man-PreF 4hjs vs Man-PreF 8 hjs	0.433	0.336	0.203	0.566
Man-Cua 4hjs vs Man-Cua 8 hjs	<0.001	0.151	0.070	0.050
Tipo de deshojadora	0.080	0.002	0.465	0.252
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)				
Tratamiento	<0.001	<0.001	0.141	0.027

**Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.*

4.4. COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL VINO

El control de la producción en el viñedo tiene como objetivo principal la mejora de la calidad de la uva y del vino elaborado a partir de ella. El contenido alcohólico, la acidez, el color, la composición fenólica así como las características organolépticas de un vino definen la calidad del mismo.

4.4.1. COMPOSICIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL VINO: ALCOHOL Y ACIDEZ

A. TEMPRANILLO

El deshojado precoz condujo a la obtención de vinos de Tempranillo con mayor grado alcohólico que el control, pero en general no afectó de forma significativa al pH y a la acidez total en ninguno de los dos años (Tablas 4.55 y 4.56). Solamente los vinos elaborados a partir de uvas cuyas cepas habían sido deshojadas mecánicamente con la deshojadora Collard en cuajado y Pellenc en pre-floración en el año 2007 mostraron valores de pH mayores que los vinos del control. La concentración de ácido málico disminuyó de forma significativa en el vino cuando el deshojado se realizó en pre-floración y para el tratamiento de eliminación de 4 hojas en cuajado, en el año 2007.

Las únicas diferencias reseñables en la composición química de los vinos de Tempranillo entre los dos modos de ejecución, manual y mecánico, se observaron en el año 2007 para el pH, cuyo valor fue significativamente superior en los vinos correspondientes a los tratamientos mecánicos.

Tabla 4.55. Influencia del deshojado precoz en la composición química de los vinos de Tempranillo en el año 2007. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Ollauri, La Rioja.

Tratamiento	%Alcohol (v/v)	pH	Acidez Total (g/l Ác. Tart.)	Ác. Málico (g/l)	Intensidad Colorante	Tonalidad	Índice Polifenoles Totales
Control	13.5 (0.31)	3.75 (0.05)	5.87 (0.17)	3.73 (0.12)	17.4 (0.91)	0.46 (0.01)	60.3 (3.38)
Manual Pre-Floración 4 hojas	14.2 (0.26)	3.73 (0.03)	5.72 (0.09)	3.53 (0.02)	19.6 (0.26)	0.45 (0.01)	62.3 (1.36)
Manual Pre-Floración 8 hojas	15.1 (0.05)	3.83 (0.03)	5.50 (0.06)	3.49 (0.06)	21.9 (0.20)	0.47 (0.47)	70.8 (1.07)
Manual Cuajado 4 hojas	14.4 (0.43)	3.69 (0.08)	5.79 (0.16)	3.42 (0.02)	20.0 (1.41)	0.44 (0.01)	64.9 (5.16)
Manual Cuajado 8 hojas	14.2 (0.17)	3.63 (0.03)	5.76 (0.16)	3.66 (0.15)	20.1 (0.83)	0.43 (0.01)	59.4 (2.20)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	14.6 (0.26)	3.85 (0.04)	5.49 (0.10)	3.37 (0.09)	24.1 (1.00)	0.48 (0.01)	71.7 (3.29)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	14.8 (0.11)	4.09 (0.04)	5.36 (0.09)	3.71 (0.07)	24.9 (1.12)	0.52 (0.01)	87.7 (1.57)
Mecánico Pre-Floración Pellenc 0.5	14.5 (0.14)	3.95 (0.08)	5.38 (0.12)	3.59 (0.08)	22.0 (0.80)	0.51 (0.03)	64.3 (4.04)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes							
Control vs Deshojado (todos ttos)	<0.001	0.181	0.225	0.050	<0.001	0.333	0.011
Control vs Deshojado (ttos prales)	<0.001	0.095	0.239	0.091	<0.001	0.266	<0.001
Control vs Deshojado pre-floración	<0.001	0.160	0.099	0.009	<0.001	0.261	0.005
Control vs Deshojado cuajado	0.001	0.101	0.626	0.674	<0.001	0.366	0.001
Pre-floración vs Cuajado	0.153	0.736	0.165	0.007	0.613	0.807	0.448
Manual vs Mecánico	0.736	<0.001	0.141	0.701	<0.001	0.002	<0.001
Man-PreF 4hjs vs Man-PreF 8 hjs	0.010	0.175	0.398	0.735	0.062	0.299	0.047
Man-Cua 4hjs vs Man-Cua 8 hjs	0.516	0.381	0.198	0.071	0.903	0.714	0.220
Tipo de deshojadora	0.875	0.144	0.709	0.084	0.086	0.089	0.085
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)							
Tratamiento	0.001	<0.001	0.046	0.043	<0.001	<0.001	<0.001

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

Tabla 4.56. Influencia del deshojado precoz en la composición química de los vinos de Tempranillo en el año 2008. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Ollauri, La Rioja.

Tratamiento	%Alcohol (v/v)	pH	Acidez Total (g/l Ác. Tart.)	Ác. Málico (g/l)	Intensidad Colorante	Tonalidad	Índice Polifenoles Totales
Control	12.8 (0.23)	3.82 (0.04)	5.23 (0.23)	3.04 (0.45)	10.1 (0.90)	0.68 (0.05)	46.0 (5.03)
Manual Pre-Floración 4 hojas	13.3 (0.08)	3.85 (0.06)	5.91 (0.32)	3.33 (0.14)	11.9 (0.93)	0.71 (0.03)	53.7 (3.87)
Manual Pre-Floración 8 hojas	13.5 (0.15)	3.86 (0.05)	5.94 (0.22)	3.21 (0.09)	12.3 (1.05)	0.74 (0.02)	53.5 (2.46)
Manual Cuajado 4 hojas	13.5 (0.26)	3.83 (0.04)	5.57 (0.42)	2.89 (0.10)	11.7 (0.97)	0.67 (0.04)	48.3 (3.85)
Manual Cuajado 8 hojas	13.2 (0.08)	3.83 (0.02)	5.70 (0.02)	2.83 (0.23)	11.6 (1.01)	0.62 (0.03)	47.2 (1.33)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	13.3 (0.15)	3.97 (0.06)	5.22 (0.16)	3.04 (0.05)	15.3 (1.17)	0.76 (0.02)	60.5 (3.49)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	13.2 (0.05)	3.89 (0.07)	5.45 (0.17)	2.59 (0.39)	15.9 (1.57)	0.64 (0.53)	55.1 (5.12)
Mecánico Pre-Floración Tordable 0.5	13.2 (0.05)	3.96 (0.07)	5.17 (0.07)	3.05 (0.23)	14.0 (1.39)	0.71 (0.04)	50.7 (5.16)
Mecánico Pre-Floración Collard 2	13.2 (0.11)	3.90 (0.03)	5.43 (0.03)	3.26 (0.16)	12.1 (1.48)	0.62 (0.02)	44.0 (1.92)
Mecánico Pre-Floración Collard 3	13.1 (0.05)	3.90 (0.06)	5.40 (0.25)	2.88 (0.11)	12.9 (0.65)	0.71 (0.03)	50.0 (2.36)
Aclareo Manual	13.0 (0.23)	3.82 (0.02)	6.77 (0.11)	3.74 (0.19)	11.0 (1.03)	0.79 (0.02)	56.6 (4.50)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes							
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.002	0.409	0.116	0.903	0.017	0.876	0.175
Control vs Deshojado (ttos prales)	0.004	0.249	0.213	0.646	0.006	0.824	0.061
Control vs Deshojado pre-floración	<0.001	0.143	0.249	0.752	0.011	0.085	0.020
Control vs Deshojado cuajado	0.051	0.526	0.264	0.259	0.013	0.191	0.277
Pre-floración vs Cuajado	0.686	0.322	0.988	0.085	0.991	<0.001	0.131
Manual vs Mecánico	0.791	0.100	0.057	0.391	0.003	0.506	0.049
Man-PreF 4hjs vs Man-PreF 8 hjs	0.292	0.891	0.929	0.726	0.799	0.571	0.976
Man-Cua 4hjs vs Man-Cua 8 hjs	0.115	0.976	0.726	0.874	0.963	0.270	0.856
Tipo de deshojadora	0.631	0.869	0.893	0.995	0.421	0.224	0.068
Mec-PreF Collard 0.5 vs Mec-PreF Collard 2	0.603	0.101	0.102	0.500	0.050	0.003	0.003
Mec-PreF Collard 2 vs Mec-PreF Collard 3	0.529	0.613	0.107	0.212	0.633	0.045	0.261
Aclareo manual vs Deshojado	0.236	0.292	<0.001	0.006	0.053	0.018	0.589
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)							
Tratamiento	0.030	0.075	<0.001	0.151	0.024	0.010	0.045

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

Respecto al resto de variables estudiadas dentro de la mecanización, ni el tipo de deshojadora, ni la velocidad de avance de la misma afectaron significativamente la composición química de los vinos de Tempranillo (ni en grado alcohólico ni en acidez).

Por otro lado, la eliminación manual de 8 hojas en vez de 4, en pre-floración condujo a vinos de mayor grado alcohólico en el año 2007, pero no afectó a ningún otro parámetro.

El aclareo manual de racimos no ocasionó cambios en el grado alcohólico ni pH del vino respecto al deshojado precoz pero sí incrementó la acidez total y la concentración de ácido málico.

Cuando se llevó a cabo el análisis de varianza de forma conjunta de los datos analíticos de alcohol y acidez de los vinos de Tempranillo en los años 2007 y 2008, el factor tratamiento solamente influyó de forma significativa en el contenido alcohólico (Tabla 4.57). La interacción tratamiento x año fue significativa para el pH, poniendo de relieve las diferencias en la respuesta de este parámetro a los mismos tratamientos de deshojado en uno y otro año.

Tabla 4.57. Análisis de varianza de la composición química de los vinos de Tempranillo (Ollauri, La Rioja) durante los años 2007 y 2008. Valores de probabilidad de los factores tratamiento, año e interacción año x tratamiento.

Factor	Alcohol (%)	pH	Acidez Total (g/l Ác. Tart.)	Ác. Málico (g/l)	Intensidad Colorante	Tonalidad	Índice de Polifenoles Totales
Tratamiento	0.044	0.198	0.098	0.814	<0.001	0.352	0.102
Año	<0.001	0.012	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Tratamiento x Año	0.179	0.009	0.754	0.223	0.921	0.052	0.028

B. GRACIANO

La influencia del deshojado precoz en el grado alcohólico y la acidez de los vinos en la variedad Graciano fue mucho más marcada en el año 2009 que en el año 2008 (Tablas 4.58 y 4.59). En el año 2008 la eliminación de hojas alrededor de la floración no afectó la composición físico-química de los vinos mientras que en el año 2009 los vinos obtenidos de cepas que habían sido deshojadas presentaron un grado alcohólico más elevado que los vinos correspondientes a los tratamientos control y de aclareo manual de racimos (Tabla 4.59).

De los parámetros de acidez evaluados, el pH solamente se vio afectado por el deshojado realizado en pre-floración, aumentando de forma significativa respecto al control y a los tratamientos de deshojado en cuajado. La concentración de ácido málico en el vino tampoco se vio sustancialmente alterada por el deshojado, disminuyendo en los vinos correspondientes a la defoliación manual en cuajado.

La defoliación mecánica condujo a la obtención de vinos más alcohólicos y de mayor concentración de ácido málico que la eliminación manual de hojas, con independencia de la época de intervención.

De forma general, para todos los tratamientos estudiados incluido el control, los vinos de Graciano del año 2009 fueron más alcohólicos y de menor acidez total y ácido málico que los del año 2008.

El análisis estadístico conjunto para los dos años de estudio del alcohol y la acidez de los vinos de Graciano mostró la ausencia de significación del factor tratamiento para los cuatro parámetros determinados (Tabla 4.60). Sin embargo, la interacción tratamiento x año correspondiente al contenido alcohólico fue significativa, reflejando las diferencias en la tendencia de esta variable observadas para algunos tratamientos entre los años 2008 y 2009.

Tabla 4.58. Influencia del deshojado precoz en la composición química de los vinos de Graciano en el año 2008. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Ollauri, La Rioja.

Tratamiento	%Alcohol (v/v)	pH	Acidez Total (g/l Ác. Tart.)	Ác. Málico (g/l)	Intensidad Colorante	Tonalidad	Índice Polifenoles Totales
Control	10.7 (0.36)	3.34 (0.04)	7.07 (0.19)	2.76 (0.26)	21.2 (2.49)	0.45 (0.01)	46.9 (4.57)
Manual Pre-Floración 8 hojas	10.8 (0.39)	3.31 (0.01)	7.40 (0.15)	2.82 (0.11)	26.3 (2.16)	0.44 (0.01)	54.3 (2.83)
Manual Cuajado 8 hojas	10.8 (0.26)	3.29 (0.02)	7.37 (0.22)	2.35 (0.17)	26.0 (1.99)	0.46 (0.03)	51.4 (3.44)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	11.2 (0.19)	3.31 (0.01)	7.25 (0.18)	2.96 (0.23)	30.2 (2.59)	0.46 (0.02)	59.7 (3.46)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes							
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.536	0.101	0.379	0.852	0.029	0.952	0.072
Control vs Deshojado pre-floración	0.444	0.259	0.433	0.599	0.002	0.849	0.040
Control vs Deshojado cuajado	0.869	0.140	0.425	0.153	0.162	0.857	0.404
Pre-floración vs Cuajado	0.968	0.215	0.936	0.129	0.918	0.512	0.598
Manual vs Mecánico	0.370	0.857	0.688	0.656	0.254	0.531	0.317
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)							
Tratamiento	0.179	0.330	0.390	0.248	0.151	0.714	0.220

*Las medias resaltadas en **negrita** son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

Tabla 4.59. Influencia del deshojado precoz en la composición química de los vinos de Graciano en el año 2009. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Ollauri, La Rioja.

Tratamiento	%Alcohol (v/v)	pH	Acidez Total (g/l Ác. Tart.)	Ác. Málico (g/l)	Intensidad Colorante	Tonalidad	Índice Polifenoles Totales
Control	12.2 (0.27)	3.35 (0.04)	5.16 (0.20)	1.91 (0.04)	21.4 (1.75)	0.40 (0.01)	45.9 (2.71)
Manual Pre-Floración 8 hojas	13.1 (0.18)	3.37 (0.02)	5.31 (0.07)	1.66 (0.11)	28.8 (2.14)	0.41 (0.01)	54.7 (2.05)
Manual Cuajado 8 hojas	13.4 (0.27)	3.34 (0.04)	5.30 (0.14)	1.49 (0.11)	29.0 (0.99)	0.39 (0.01)	56.1 (2.93)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	13.8 (0.20)	3.48 (0.04)	5.18 (0.08)	2.10 (0.15)	34.7 (3.90)	0.43 (0.01)	70.1 (5.44)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	13.7 (0.08)	3.35 (0.02)	5.40 (0.11)	1.92 (0.09)	36.3 (1.40)	0.40 (0.01)	71.3 (2.07)
Aclareo Manual	12.4 (0.26)	3.34 (0.01)	5.37 (0.16)	1.97 (0.13)	22.0 (1.24)	0.40 (0.01)	45.5 (1.66)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes							
Control vs Deshojado (todos ttos)	<0.001	0.283	0.424	0.394	<0.001	0.803	<0.001
Control vs Deshojado pre-floración	<0.001	0.050	0.706	0.833	<0.001	0.144	<0.001
Control vs Deshojado cuajado	<0.001	0.979	0.273	0.177	<0.001	0.304	<0.001
Pre-floración vs Cuajado	0.661	0.015	0.337	0.132	0.654	0.104	0.681
Manual vs Mecánico	0.037	0.043	0.907	<0.001	0.005	0.076	<0.001
Aclareo manual vs Deshojado	<0.001	0.152	0.731	0.171	<0.001	0.421	<0.001
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)							
Tratamiento	<0.001	0.017	0.717	0.009	<0.001	0.030	<0.001

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

Tabla 4.60. Análisis de varianza de la composición química de los vinos de Graciano (Ollauri, La Rioja) durante los años 2008 y 2009. Valores de probabilidad de los factores tratamiento, año e interacción año x tratamiento.

Factor	%Alcohol (v/v)	pH	Acidez Total (g/l Ác. Tart.)	Ác. Málico (g/l)	Intensidad Colorante	Tonalidad	Índice Polifenoles Totales
Tratamiento	0.579	0.277	0.176	0.364	<0.001	0.481	<0.001
Año	<0.001	0.001	0.239	0.074	0.454	<0.001	0.639
Tratamiento x Año	0.002	0.321	0.753	0.172	0.854	0.535	0.397

C. MAZUELO

De forma análoga a lo observado en la variedad Graciano, el deshojado precoz afectó de forma más eficaz el grado alcohólico y los parámetros de acidez en los vinos de Mazuelo en el año 2009 que en el 2008 (Tablas 4.61 y 4.62). Así, en el año 2009 la defoliación alrededor de la floración condujo a la obtención de vinos de Mazuelo de mayor grado alcohólico y menor concentración de ácido málico que el tratamiento control.

En la variedad Mazuelo el deshojado precoz parece haber inducido una mayor acidez en los vinos, ya que estos mostraron una tendencia hacia menores valores de pH y mayor acidez total en los dos años de estudio. El incremento en acidez total y descenso del pH en el vino fue aún más evidente cuando el deshojado se realizó en cuajado. Además, también los vinos correspondientes a los tratamientos de deshojado en cuajado mostraron concentraciones mayores de ácido málico que los vinos de los tratamientos de deshojado en pre-floración, en el año 2009.

El modo de ejecución no influyó de forma significativa en la composición química de los vinos de Mazuelo.

Tabla 4.61. Influencia del deshojado precoz en la composición química de los vinos de Mazuelo en el año 2008. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Hormilla, La Rioja.

Tratamiento	%Alcohol (v/v)	pH	Acidez Total (g/l Ác. Tart.)	Ác. Málico (g/l)	Intensidad Colorante	Tonalidad	Índice Polifenoles Totales
Control	11.3 (0.16)	3.74 (0.05)	4.16 (0.04)	1.29 (0.22)	12.0 (0.58)	0.66 (0.02)	39.5 (2.02)
Manual Pre-Floración 8 hojas	11.7 (0.15)	3.64 (0.03)	4.62 (0.06)	1.70 (0.07)	13.2 (0.89)	0.60 (0.01)	39.2 (1.76)
Manual Cuajado 8 hojas	11.9 (0.28)	3.56 (0.04)	4.88 (0.15)	1.57 (0.16)	17.9 (0.62)	0.63 (0.01)	46.4 (1.16)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	11.8 (0.16)	3.76 (0.07)	4.25 (0.07)	1.59 (0.12)	14.1 (0.61)	0.66 (0.02)	38.7 (2.15)
Aclareo Manual	12.2 (0.24)	3.86 (0.02)	4.59 (0.24)	1.82 (0.12)	14.9 (0.67)	0.75 (0.03)	40.5 (2.44)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes							
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.059	0.113	0.088	0.061	<0.001	0.091	0.405
Control vs Deshojado pre-floración	0.109	0.464	0.284	0.058	0.061	0.078	0.814
Control vs Deshojado cuajado	0.059	0.012	0.022	0.181	<0.001	0.270	0.021
Pre-floración vs Cuajado	0.437	0.268	0.379	0.536	<0.001	0.045	0.017
Manual vs Mecánico	0.632	0.063	0.219	0.587	0.394	0.063	0.858
Aclareo manual vs Deshojado	0.075	0.001	0.983	0.251	0.803	<0.001	0.688
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)							
Tratamiento	0.062	0.002	0.126	0.158	<0.001	<0.001	0.065

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

Tabla 4.62. Influencia del deshojado precoz en la composición química de los vinos de Mazuelo en el año 2009. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes. Hormilla, La Rioja.

Tratamiento	%Alcohol (v/v)	pH	Acidez Total (g/l Ác. Tart.)	Ác. Málico (g/l)	Intensidad Colorante	Tonalidad	Índice Polifenoles Totales
Control	13.1 (0.13)	3.69 (0.01)	6.21 (0.06)	2.98 (0.06)	14.3 (0.52)	0.54 (0.01)	43.9 (0.87)
Manual Pre-Floración 8 hojas	13.6 (0.10)	3.63 (0.04)	6.20 (0.15)	2.42 (0.03)	23.3 (0.53)	0.48 (0.01)	59.1 (1.92)
Manual Cuajado 8 hojas	13.4 (0.22)	3.58 (0.03)	6.33 (0.11)	2.62 (0.15)	22.4 (0.96)	0.47 (0.01)	57.2 (1.31)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	14.0 (0.10)	3.72 (0.01)	6.03 (0.10)	2.41 (0.04)	25.0 (0.92)	0.50 (0.01)	65.7 (1.36)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	13.6 (0.12)	3.56 (0.02)	6.79 (0.06)	2.61 (0.04)	25.0 (1.04)	0.47 (0.01)	60.0 (2.05)
Aclareo Manual	13.6 (0.16)	3.70 (0.01)	6.11 (0.05)	2.89 (0.06)	16.3 (0.21)	0.54 (0.01)	46.4 (0.85)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes							
Control vs Deshojado (todos ttos)	0.003	0.106	0.269	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Control vs Deshojado pre-floración	0.001	0.549	0.354	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Control vs Deshojado cuajado	0.028	<0.001	0.006	0.003	<0.001	<0.001	<0.001
Pre-floración vs Cuajado	0.096	<0.001	<0.001	0.046	0.549	0.014	0.014
Manual vs Mecánico	0.063	0.117	0.168	0.923	0.011	0.392	0.004
Aclareo manual vs Deshojado	0.930	0.003	0.039	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad (p)							
Tratamiento	0.011	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

Respecto al aclareo manual de racimos, el deshojado precoz condujo a vinos de Mazuelo de mayor acidez total y menor pH, aunque con menor concentración de ácido málico, de forma semejante a lo observado respecto al control.

En general, para todos los tratamientos, incluido el control, los vinos de Mazuelo del año 2009 fueron más alcohólicos, con mayor acidez total y ácido málico que los vinos del año 2008.

El análisis de varianza teniendo en cuenta los dos años del alcohol y la acidez en los vinos de Mazuelo se recoge en la tabla 4.63. El factor tratamiento no fue determinante en ninguno de los cuatro parámetros analizados. Sin embargo, la interacción tratamiento x año fue significativa para el pH, indicando diferencias en la magnitud de la respuesta de este parámetro para los diferentes tratamientos de deshojado en los años 2008 y 2009.

Tabla 4.63. Análisis de varianza de la composición química de los vinos de Mazuelo (Hormilla, La Rioja) durante los años 2008 y 2009. Valores de probabilidad de los factores tratamiento, año e interacción año x tratamiento.

Factor	%Alcohol (v/v)	pH	Acidez Total (g/l Ác. Tart.)	Ác. Málico (g/l)	Intensidad Colorante	Tonalidad	Índice Polifenoles Totales
Tratamiento	0.123	0.079	0.224	0.235	0.252	0.170	0.514
Año	<0.001	0.023	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Tratamiento x Año	0.243	0.016	0.329	0.156	<0.001	0.032	<0.001

4.4.2. COLOR Y POLIFENOLES

4.4.2.1. ANTOCIANOS Y POLIFENOLES POR EXTRACCIÓN Y ESPECTROFOTOMETRÍA UV-VISIBLE

A. TEMPRANILLO

El deshojado precoz en la variedad Tempranillo condujo a la obtención de vinos más intensamente coloreados en los dos años de estudio, y más ricos en polifenoles totales, aunque en el año 2008 solamente cuando el deshojado se realizó en pre-floración (Tablas 4.55 y 4.56). La intensidad colorante de los vinos de Tempranillo aumentó significativamente para las dos épocas de deshojado, pero de forma importante cuando la defoliación se realizó de forma mecánica, con incrementos alrededor del 50 % respecto al control. Del mismo modo, el índice de polifenoles totales también aumentó de forma más marcada cuando el deshojado se realizó mecánicamente.

En general, la tonalidad de los vinos de Tempranillo no se vio significativamente afectada por la eliminación temprana de hojas, excepto en el año 2007 para algunos deshojados mecánicos, en los que aumentó. El tipo de deshojadora, así como la velocidad de ejecución del deshojado también afectaron la tonalidad de los vinos en el año 2008.

La intensidad de deshojado en los tratamientos manuales tampoco modificó de forma notable los parámetros clásicos de color y polifenoles de los vinos de Tempranillo, salvo en el año 2007, en el que la eliminación de 8 hojas en pre-floración condujo a vinos con mayor índice de polifenoles totales que la eliminación de 4 hojas.

Respecto al aclareo manual, los vinos elaborados a partir de cepas deshojadas alrededor de la floración presentaron una tonalidad más baja y una mayor intensidad colorante, aunque en este último caso, solamente cuando el deshojado se realizó de forma mecánica.

Con independencia del tratamiento vitícola realizado en el viñedo, los vinos de Tempranillo del año 2007 mostraron mayores valores de intensidad colorante e índice de polifenoles totales y una menor tonalidad, que los vinos del año 2008.

El análisis de varianza de los datos de color y polifenoles totales en los vinos de Tempranillo, teniendo en cuenta los dos años de estudio, se muestra en la tabla 4.57. Los tratamientos de deshojado modificaron significativamente la intensidad colorante de los vinos de Tempranillo, mientras que el índice de polifenoles totales se comportó de forma distinta en los dos años para algunos tratamientos, tal y como lo refleja la significación estadística de la interacción tratamiento x año para este parámetro.

B. GRACIANO

Las características de intensidad y tonalidad de color, así como el contenido en polifenoles totales de los vinos de Graciano elaborados fueron similares entre los dos años de estudio, observándose diferencias únicamente debidas a los distintos tratamientos efectuados en el viñedo (Tablas 4.58 y 4.59). Sin embargo, el deshojado precoz afectó de forma más importante el color y contenido en polifenoles totales de los vinos en el año 2009 que en el 2008. En el año 2009, el deshojado precoz condujo a la obtención de vinos de Graciano más intensamente coloreados (34.5-70 %) y más ricos en polifenoles totales (19-55 %) respecto al control, con independencia de la época de defoliación, mientras que en el 2008 dicho efecto solamente se observó cuando el deshojado se realizó en pre-floración. Además, el incremento de color y de polifenoles totales fue mayor cuando el deshojado se realizó de forma mecánica.

La tonalidad de color no se vio afectada en ningún caso por la eliminación temprana de hojas, ni tampoco por el aclareo manual de racimos. Respecto al aclareo manual, sus vinos tampoco mostraron valores de intensidad colorante y de índice de polifenoles totales mayores que los del control pero sí significativamente inferiores a los vinos correspondientes a los tratamientos de deshojado precoz (Tabla 4.59).

Cuando se realizó el análisis de varianza conjunto para los dos años de los datos de color y polifenoles en vino se comprobó que los tratamientos de deshojado precoz

afectaron significativamente la intensidad colorante y el índice de polifenoles de los vinos de Graciano (Tabla 4.60).

C. MAZUELO

Los vinos de Mazuelo del año 2009 se caracterizaron por una mayor intensidad, tonalidad más azul y mayor contenido en polifenoles totales que los vinos del año 2008 (Tablas 4.61 y 4.62). De forma análoga que en la variedad Graciano, el deshojado precoz afectó de forma más marcada el color y el contenido polifenólico de los vinos de Mazuelo en el año 2009 que en el 2008. La eliminación de hoja alrededor de la floración condujo a la obtención de vinos más intensamente coloreados (49-75 %) en los dos años, y de tonalidad más roja y mayor contenido en polifenoles totales (30-50 %) que el control, en el año 2009.

El efecto debido a la época de deshojado presentó algunas discrepancias entre los dos años. Así, en el año 2008 los vinos correspondientes al deshojado en cuajado fueron más intensamente coloreados y ricos en polifenoles que los vinos correspondientes al deshojado en pre-floración. Por el contrario, en el año 2009, el incremento en polifenoles fue mayor en los vinos correspondientes a la defoliación llevada a cabo en pre-floración. En los dos años de estudio, el deshojado realizado en pre-floración condujo a vinos de Mazuelo de tonalidad más azul que el deshojado llevado a cabo en cuajado.

El modo de ejecución del deshojado solamente mostró diferencias significativas en el año 2009. Cuando la eliminación de hoja se hizo de forma mecánica el incremento en intensidad colorante y contenido polifenólico de los vinos fue más acusado que cuando la defoliación se hizo manualmente.

En general, el deshojado precoz originó vinos de la variedad Mazuelo de mayor color, menor tonalidad y más ricos en polifenoles que el aclareo manual de racimos.

El análisis de varianza conjunto de los dos años reveló que el deshojado precoz no modificó los parámetros de color y polifenoles en los vinos de Mazuelo (Tabla 4.63).

Sin embargo, las diferencias observadas para algunos tratamientos entre los años 2008 y 2009 dieron lugar a la significación estadística de la interacción tratamiento x año para intensidad colorante, tonalidad e índice de polifenoles totales.

4.4.2.2. MONÓMEROS FENÓLICOS POR CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA DE ALTA RESOLUCIÓN (HPLC)

A. TEMPRANILLO

La tabla 4.64 recoge las identidades y los tiempos de retención de los monómeros fenólicos identificados en los vinos de Tempranillo durante los años 2007 y 2008. Se analizaron un total de 28 compuestos fenólicos: un ácido benzoico, un flavanol, seis ácidos hidroxicinámicos, cinco flavonoles, diez antocianos, dos estilbenos y dos polifenoles no determinados.

En aquellos casos en los que la identidad no fue concluyente, la longitud de onda de detección a la que presentaban una mayor respuesta, sirvió para cuantificarlos. En estos casos se les nombró como polifenol seguido de un número romano, ya que no pudo asignárseles un grupo o familia concretos.

La figura 4.25 muestra los cromatogramas de vino de Tempranillo, a las cuatro longitudes de onda estudiadas, 280, 316, 365 y 520 nm, así como la identificación de cada compuesto. El pico 20 corresponde a un compuesto del grupo de los flavonoles. Sin embargo, un análisis más detallado de la pureza de pico reveló la co-elución de dos flavonoles, que fueron identificados como quercetina-*O*-glucurónido y quercetina-*O*-glucósido.

Tabla 4.64. Identidad, grupo fenólico y tiempo de retención de los monómeros fenólicos analizados en vinos de Tempranillo en los años 2007 y 2008 (longitud de onda de detección y cuantificación (λ)).

Nº pico	Identificación	λ (nm)	Tiempo retención (min)	Grupo fenólico
1	Ácido Gálico	280	17.188	Ácido benzoico
2	Grape Reaction Product	316	22.029	Quinona
3	Ácido <i>cis</i> -caftárico	316	24.316	Ác. hidroxicinámico
4	Ácido <i>trans</i> -caftárico	316	28.018	Ác. hidroxicinámico
5	Polifenol I	365	29.507	Indeterminado
6	(+)-catequina	280	30.288	Flavanol
7	Delfinidina-3-glucósido	520	32.812	Antociano
8	Ácido <i>cis</i> -cutárico	316	35.354	Ác. hidroxicinámico
9	Ácido cafeico	316	35.441	Ác. hidroxicinámico
10	Cianidina-3-glucósido	520	36.261	Antociano
11	Polifenol II	365	36.891	Indeterminado
12	Ácido <i>trans</i> -cutárico	316	37.404	Ácido hidroxicinámico
13	Petunidina-3-glucósido	520	37.824	Antociano
14	Peonidina-3-glucósido	520	41.326	Antociano
15	Malvidina-3-glucósido	520	42.267	Antociano
16	Acetato de cianidina-3-glucósido	520	43.630	Antociano
17	Miricetina-O-glucósido	365	44.009	Flavonol
18	Quercetina-O-galactósido	365	44.942	Flavonol
19	Ácido Ferúlico	316	48.015	Ácido hidroxicinámico
20	Quercetina-O-glucurónido+ Quercetina-O-glucosido	365	49.779	Flavonol
21	Acetato de malvidina-3-glucósido	520	52.514	Antociano
22	<i>p</i> -Cumarato de cianidina-3-glucósido	520	54.882	Antociano
23	<i>p</i> -Cumarato de petunidina-3-glucósido	520	55.235	Antociano
24	<i>p</i> -Cumarato de malvidina-3-glucósido	520	57.887	Antociano
25	Kaempferol	365	59.059	Flavonol
26	<i>Trans</i> -resveratrol	316	62.096	Estilbeno
27	Quercetina	365	66.431	Flavonol
28	<i>Cis</i> -resveratrol	316	67.202	Estilbeno

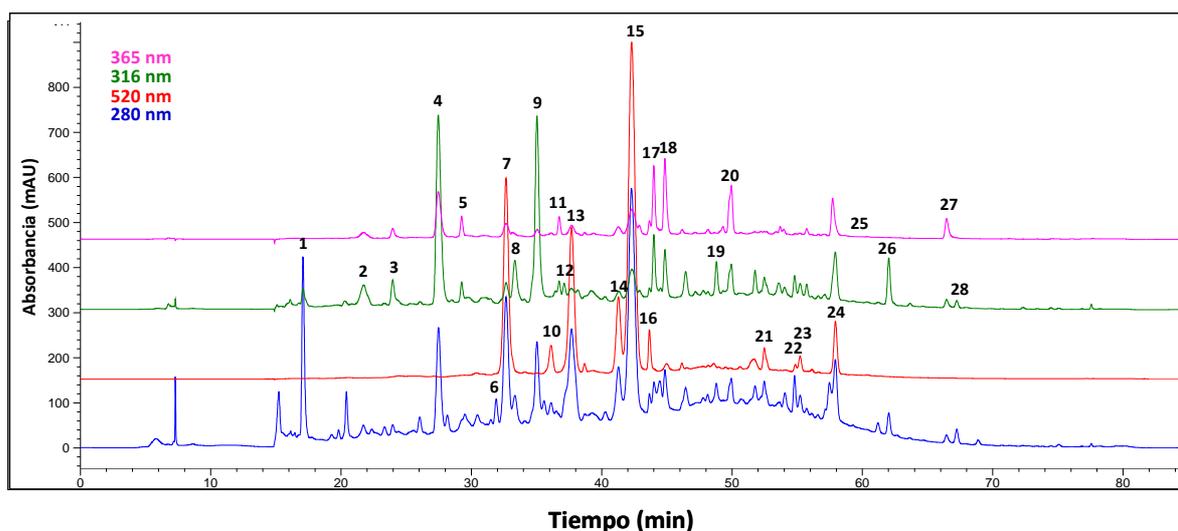


Figura 4.25. Cromatograma de vino Tempranillo a las cuatro longitudes de onda de detección: 280 nm (azul), 520 nm (rojo), 316 nm (verde) y 365 nm (rosa). Los números corresponden a los diferentes compuestos fenólicos identificados que se detallan en la Tabla 4.64.

▪ **Ácido gálico y (+)-catequina**

Las concentraciones de ácido gálico y (+)-catequina fueron sensiblemente diferentes para todos los tratamientos estudiados, incluido el control, entre los dos años (Tabla 4.65). De este modo, en el año 2008 los vinos de Tempranillo fueron mucho más ricos en ácido gálico (entre dos y tres veces, según tratamiento) pero menos en (+)-catequina (entre tres y seis veces), que los vinos del año 2007.

La influencia del deshojado precoz en las concentraciones de ácido gálico y (+)-catequina en los vinos de Tempranillo mostró discrepancias entre los dos años estudiados. Así, en el año 2007 el deshojado precoz indujo un aumento de la concentración de ácido gálico en los vinos de Tempranillo, especialmente marcada cuando el deshojado se realizó de forma mecánica, y en cuajado. Por el contrario, en el año 2008 la concentración de ácido gálico disminuyó respecto al control debido al deshojado precoz, sobre todo en los tratamientos ejecutados en cuajado.

Tabla 4.65. Influencia del deshojado precoz en la concentración de ácido gálico y (+)-catequina en vinos de Tempranillo (valores expresados como mg/l vino), en los años 2007 y 2008. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes.

Tratamiento	Año 2007		Año 2008	
	Ácido gálico	(+)-catequina	Ácido gálico	(+)-catequina
Control	22.5 (0.88)	18.2 (1.73)	67.8 (5.44)	3.2 (0.61)
Manual Pre-Floración 8 hojas	24.2 (1.59)	21.5 (0.82)	56.9 (1.52)	5.7 (0.18)
Manual Cuajado 8 hojas	22.7 (0.78)	16.6 (0.77)	44.8 (2.83)	5.2 (0.29)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	27.2 (1.02)	18.5 (0.52)	57.9 (3.69)	6.7 (0.79)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	41.3 (2.08)	20.2 (1.08)	55.9 (4.21)	5.2 (0.66)
Aclareo Manual	---	---	81.7 (6.93)	6.5 (1.05)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes				
Control vs Deshojado	0.002	0.414	0.007	0.002
Control vs Deshojado pre-floración	0.089	0.201	0.055	<0.001
Control vs Deshojado cuajado	<0.001	0.855	0.003	0.019
Pre-floración vs Cuajado	<0.001	0.178	0.118	0.142
Manual vs Mecánico	<0.001	0.779	0.175	0.450
Aclareo vs Deshojado	---	---	<0.001	0.333
Análisis de varianza-Valores de probabilidad (p)				
Tratamiento	<0.001	0.064	<0.001	0.013

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

En referencia al efecto causado en la concentración de (+)-catequina, esta no se vio afectada en el año 2007 por la eliminación de hoja alrededor de la floración, mientras que en el año 2008 el deshojado precoz indujo un incremento significativo en la concentración de (+)-catequina con independencia de la época y modo de ejecución.

Por otro lado, el aclareo manual causó una mayor acumulación de ácido gálico respecto al deshojado precoz en el año 2008, así como niveles similares de (+)-catequina, que fueron mayores que la concentración de este flavanol en los vinos control.

▪ **Ácidos hidroxicinámicos y estilbenos**

La influencia del deshojado precoz en las concentraciones de ácidos hidroxicinámicos, Grape Reaction Product (GRP) y los estilbenos, *cis*- y *trans*- resveratrol en los vinos de

Tempranillo de los años 2007 y 2008 se recoge en las tablas 4.66 y 4.67, respectivamente.

En los dos años se identificaron los ácidos, *cis*- y *trans*-caftárico, *cis*-cutárico y cafeico. Además, en el año 2008 se identificaron también el isómero *trans*- del ácido cutárico y el ácido ferúlico, mientras que el compuesto GRP no se encontró por encima del límite de detección. La concentración de ácidos hidroxicinámicos totales en los vinos fue semejante entre los dos años, y osciló entre los 65-100 mg/l, según tratamiento.

El efecto del deshojado precoz en la síntesis y acumulación de ácidos hidroxicinámicos en los vinos de Tempranillo fue similar en los dos años, y se manifestó en un incremento significativo (10-48%) de la concentración de ácidos hidroxicinámicos totales respecto al control. Dicho incremento se produjo para las dos épocas y modos de ejecución evaluados, si bien el efecto fue mayor para los deshojados mecánicos, y para la defoliación en cuajado, en el año 2007. A nivel de compuestos individuales, el deshojado precoz indujo un aumento significativo de las concentraciones de los ácidos *trans*-caftárico, *cis*-cutárico y cafeico. Para los tres, el efecto de la época y modo de ejecución descrito para la concentración de ácidos hidroxicinámicos totales, se verificó también, de forma general. El único compuesto perteneciente a este grupo, cuya concentración disminuyó debido a la defoliación temprana fue el ácido ferúlico, en el año 2008.

Las concentraciones de este ácido fueron muy inferiores a las del resto de ácidos hidroxicinámicos identificados y cuantificados, siendo los mayoritarios los ácidos *trans*-caftárico y cafeico. Por otro lado, no se observaron diferencias en el contenido en GRP (año 2007), *trans*-cutárico (año 2008) y *cis*-caftárico en ambos años.

El aclareo manual de racimos se comportó de forma similar al control en cuanto a la acumulación de ácidos hidroxicinámicos la concentración inducida fue, a nivel global y para los ácidos *trans*-caftárico, *cis*-cutárico y cafeico, inferior a la de los vinos correspondientes a los tratamientos de deshojado precoz.

Tabla 4.66. Influencia del deshojado precoz en la concentración de GRP, ácidos hidroxycinámicos, *cis*- y *trans*-resveratrol en vinos de Tempranillo (valores expresados como mg ácido cafeico/l) del año 2007. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes.

Tratamiento	Grape reaction product (GRP)	Ácido <i>cis</i> -caftárico	Ácido <i>trans</i> -caftárico	Ácido <i>cis</i> -cutárico	Ácido cafeico	Total ácidos hidroxycinámicos	<i>cis</i> -resveratrol	<i>trans</i> -resveratrol	Total resveratrol
Control	5.6 (1.19)	5.1 (0.13)	31.8 (0.81)	4.9 (0.24)	26.4 (1.13)	73.8 (2.82)	1.2 (0.38)	3.6 (0.84)	4.8 (1.22)
Manual Pre-Floración 8 hojas	5.4 (0.30)	5.4 (0.46)	34.1 (1.70)	5.7 (0.06)	30.1 (0.38)	80.7 (1.69)	1.4 (0.10)	4.9 (0.28)	6.3 (0.82)
Manual Cuajado 8 hojas	5.8 (0.30)	4.5 (0.25)	37.5 (0.47)	5.7 (0.49)	30.6 (2.64)	84.1 (2.81)	1.6 (0.31)	3.3 (0.15)	4.9 (1.12)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	6.5 (0.52)	4.6 (0.14)	36.3 (1.58)	5.3 (0.16)	30.7 (2.14)	83.5 (3.99)	2.2 (0.40)	4.8 (0.72)	7.0 (0.46)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	6.4 (0.34)	4.7 (0.18)	42.5 (0.90)	6.7 (0.32)	35.8 (1.22)	96.1 (1.62)	3.0 (0.36)	5.6 (0.46)	8.6 (0.36)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes									
Control vs Deshojado	0.593	0.377	0.001	0.018	0.018	0.002	0.049	0.126	0.041
Control vs Deshojado pre-floración	0.690	0.815	0.038	0.156	0.085	0.033	0.180	0.049	0.047
Control vs Deshojado cuajado	0.564	0.178	<0.001	0.005	0.009	<0.001	0.025	0.245	0.102
Pre-floración vs Cuajado	0.824	0.170	0.003	0.029	0.133	0.015	0.173	0.495	0.918
Manual vs Mecánico	0.197	0.301	0.012	0.321	0.118	0.021	0.008	0.074	0.029
Análisis de varianza-Valores de probabilidad (p)									
Tratamiento	0.674	0.199	<0.001	0.016	0.038	0.003	0.021	0.049	0.049

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

Tabla 4.67. Influencia del deshojado precoz en la concentración de ácidos hidroxicinámicos, *cis*- y *trans*-resveratrol en vinos de Tempranillo (valores expresados como mg ácido cafeico/l) del año 2008. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes.

Tratamiento	Ácido <i>cis</i> -caftárico	Ácido <i>trans</i> -caftárico	Ácido <i>cis</i> -cutárico	Ácido cafeico	Ácido <i>trans</i> -cutárico	Ácido ferúlico	Total ácidos hidroxicinámicos	<i>cis</i> -resveratrol	<i>trans</i> -resveratrol	Total resveratrol
Control	3.5 (0.25)	26.9 (2.88)	5.0 (0.49)	20.2 (2.13)	8.1 (3.01)	1.6 (0.43)	65.2 (3.03)	2.0 (0.24)	1.6 (0.10)	3.6 (0.47)
Manual Pre-Floración 8 hojas	2.8 (0.19)	39.1 (0.67)	6.9 (0.17)	28.3 (0.88)	4.8 (0.23)	0.5 (0.05)	82.4 (1.44)	1.6 (0.29)	1.3 (0.27)	2.8 (0.47)
Manual Cuajado 8 hojas	3.5 (0.33)	37.7 (0.90)	7.5 (0.09)	29.4 (1.48)	4.7 (0.50)	0.4 (0.05)	83.2 (2.64)	0.7 (0.15)	0.2 (0.06)	0.9 (0.09)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	3.4 (0.06)	42.5 (1.45)	7.1 (0.27)	30.2 (0.72)	5.7 (0.12)	0.5 (0.11)	89.4 (2.34)	1.7 (0.27)	0.9 (0.23)	2.6 (0.47)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	3.8 (0.46)	45.4 (1.80)	7.7 (0.25)	36.6 (1.82)	5.1 (0.53)	0.4 (0.14)	97.0 (4.36)	0.6 (0.19)	0.1 (0.17)	0.7 (0.36)
Aclareo Manual	2.9 (0.18)	31.4 (0.94)	4.9 (0.08)	22.5 (0.40)	4.8 (0.22)	0.4 (0.06)	66.9 (1.44)	0.9 (0.21)	1.5 (0.43)	2.4 (0.63)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes										
Control vs Deshojado	0.741	<0.001	<0.001	<0.001	0.055	<0.001	<0.001	0.003	0.001	<0.001
Control vs Deshojado pre-floración	0.290	<0.001	<0.001	<0.001	0.093	<0.001	<0.001	0.233	0.080	0.094
Control vs Deshojado cuajado	0.650	<0.001	<0.001	<0.001	0.066	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Pre-floración vs Cuajado	0.078	0.645	0.047	0.049	0.796	0.685	0.151	<0.001	<0.001	<0.001
Manual vs Mecánico	0.101	0.003	0.509	0.020	0.648	0.989	0.001	0.844	0.271	0.606
Aclareo vs Deshojado	0.169	<0.001	<0.001	<0.001	0.864	0.849	<0.001	0.395	<0.003	0.187
Análisis de varianza-Valores de probabilidad (p)										
Tratamiento	0.141	<0.001	<0.001	<0.001	0.473	0.003	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

Los dos únicos estilbenos identificados en los vinos de Tempranillo fueron los isómeros *cis*- y *trans*-resveratrol, presentes en concentraciones bajas, entre 1-8 mg/l (expresado en mg/l de ácido cafeico) (Tablas 4.66 y 4.67). El deshojado precoz parece haber inducido efectos opuestos en los dos años de estudio. Así, en el 2007 la concentración total de resveratrol así como la de los dos isómeros, aumentó significativamente respecto al control en los vinos correspondientes al deshojado precoz. Sin embargo, el efecto en el isómero *cis*- fue más acusado cuando la defoliación se realizó tras la floración, mientras que en el isómero *trans*- cuando la defoliación se llevó a cabo en pre-floración. En ambas épocas el deshojado mecánico indujo un mayor incremento en la concentración de resveratrol así como de los dos isómeros, que la defoliación manual. Por el contrario, en el año 2008, el deshojado precoz indujo una disminución significativa de la concentración total y de los dos isómeros de resveratrol respecto al control, que se manifestó fundamentalmente cuando la defoliación se realizó en cuajado. Por otro lado, el aclareo manual de racimos indujo la reducción de la síntesis y acumulación del isómero *cis*-resveratrol respecto al control, pero no afectó la del isómero *trans*- cuya concentración fue significativamente superior a la de los tratamientos de deshojado precoz.

El análisis de varianza conjunto para los años 2007 y 2008 de los datos de HPLC para la familia de ácidos hidroxicinámicos y los dos isómeros de resveratrol se muestra en la tabla 4.68. El factor tratamiento afectó significativamente la concentración de todos los ácidos hidroxicinámicos analizados excepto el isómero *cis*- del ácido caftarico, así como la concentración de *trans*-resveratrol, en los vinos de Tempranillo. Por otro lado, las concentraciones de *cis*- y *trans*- resveratrol así como el total de los dos isómeros de este estilbeno mostraron diferencias para algunos tratamientos entre los años 2007 y 2008, tal y como se refleja en la significación estadística de la interacción tratamiento x año.

Tabla 4.68. Análisis de varianza de las concentraciones de ácidos hidroxicinámicos, *cis*- y *trans*- resveratrol en vinos de Tempranillo (Ollauri, La Rioja) durante los años 2007 y 2008. Valores de probabilidad de los factores tratamiento, año e interacción año x tratamiento.

Factor	Ácido <i>cis</i> -caftárico	Ácido <i>trans</i> -caftárico	Ácido <i>cis</i> -cutárico	Ácido cafeico	Total ácidos hidroxicinámicos	<i>cis</i> -resveratrol	<i>trans</i> -resveratrol	Total resveratrol
Tratamiento	0.955	0.046	0.043	0.014	0.018	0.887	<0.001	0.808
Año	<0.001	0.103	<0.001	0.047	0.001	0.006	0.680	<0.001
Tratamiento x Año	0.065	0.030	0.074	0.434	0.176	<0.001	<0.001	<0.001

▪ **Flavonoles**

La influencia del deshojado precoz en las concentraciones de flavonoles en vinos de Tempranillo se muestra en las tablas 4.69 y 4.70 para los años 2007 y 2008, respectivamente.

Se identificaron seis compuestos pertenecientes al grupo de los flavonoles, siendo mayoritarios los flavonoles que incorporaban grupos glicosídicos, especialmente los derivados de la quercetina, cuya presencia como aglicona se observó en los dos años, así como la del kaempferol, en bajísimas concentraciones, y solamente en el año 2008. Asimismo, se cuantificaron y expresaron como mg/l quercetina, dos compuestos fenólicos cuyo espectro de absorción en el UV-VIS no aclaraba exactamente su pertenencia al grupo de los flavonoles, pero cuya respuesta mayor se daba a 365 nm. Estos dos compuestos se denominaron polifenol I y polifenol II.

Las concentraciones de todos los flavonoles identificados tanto a nivel individual como total, para todos los tratamientos, incluido el control fueron muy inferiores (hasta cinco veces) en el 2008 frente al año anterior. El compuesto mayoritario en el año 2007 fue la miricetina-O-glucósido, mientras que en el 2008 el compuesto nombrado como polifenol I.

El deshojado precoz indujo un aumento significativo de la concentración de flavonoles totales en los dos años de estudio, que se reflejó también en un incremento significativo de la concentración cada uno de ellos en el año 2007. En este año, la mayor acumulación de flavonoles se produjo para los tratamientos realizados en pre-floración y cuajado, si bien en el caso de la quercetina y de sus derivados glucósido y glucurónido, el incremento fue mayor cuando el deshojado se llevó a cabo en cuajado y de forma mecánica.

Tabla 4.69. Influencia del deshojado precoz en la concentración de flavonoles en vinos de Tempranillo (valores expresados como mg quercetina/l) del año 2007. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes.

Tratamiento	Polifenol I	Polifenol II	Miricetina-O-glucósido	Quercetina-O-galactósido	Quercetina-O-glucurónido + quercetina-O-glucósido	Quercetina	Flavonoles totales
Control	2.5 (0.09)	2.4 (0.11)	9.3 (0.96)	4.9 (0.64)	2.4 (0.10)	1.0 (0.22)	17.9 (1.43)
Manual Pre-Floración 8 hojas	3.6 (0.14)	3.2 (0.04)	11.6 (0.41)	10.9 (0.31)	4.7 (0.15)	1.6 (0.12)	28.9 (0.39)
Manual Cuajado 8 hojas	2.9 (0.04)	2.8 (0.11)	11.2 (0.70)	7.3 (0.59)	4.5 (0.35)	2.3 (0.25)	25.5 (0.78)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	3.7 (0.13)	3.3 (0.13)	11.7 (0.43)	10.7 (1.61)	5.6 (0.85)	3.3 (0.31)	31.4 (2.94)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	3.7 (0.14)	3.2 (0.16)	11.6 (0.67)	13.9 (1.58)	9.2 (1.38)	4.7 (0.44)	39.5 (3.87)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes							
Control vs Deshojado	<0.001	<0.001	0.014	<0.001	0.002	<0.001	<0.001
Control vs Deshojado pre-floración	<0.001	<0.001	0.016	0.001	0.014	<0.003	0.001
Control vs Deshojado cuajado	<0.001	0.002	0.029	0.002	<0.001	<0.001	<0.001
Pre-floración vs Cuajado	0.009	0.052	0.692	0.865	0.045	0.004	0.334
Manual vs Mecánico	0.003	0.108	0.758	0.016	0.004	<0.001	0.005
Análisis de varianza-Valores de probabilidad (p)							
Tratamiento	<0.001	0.002	0.130	0.002	0.001	<0.001	<0.001

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

Tabla 4.70. Influencia del deshojado precoz en la concentración de flavonoles en vinos de Tempranillo (valores expresados como mg quercetina/l) del año 2008. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes.

Tratamiento	Polifenol I	Polifenol II	Miricetina-O-glucósido	Quercetina-O-galactósido	Quercetina-O-glucurónido + quercetina-O-glucósido	Quercetina	Kaempferol	Flavonoles totales
Control	9.3 (0.97)	1.3 (0.33)	0.5 (0.09)	0.4 (0.06)	0.9 (0.08)	0.7 (0.14)	0 (0)	2.7 (0.35)
Manual Pre-Floración 8 hojas	13.3 (0.23)	0.6 (0.14)	0.4 (0.05)	0.5 (0.05)	0.9 (0.10)	1.2 (0.22)	0.3 (0.06)	3.2 (0.34)
Manual Cuajado 8 hojas	12.9 (0.29)	0.4 (0.04)	0.5 (0.11)	1.3 (0.76)	1.2 (0.19)	1.3 (0.01)	0.4 (0.14)	4.7 (0.98)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	14.5 (0.50)	0.5 (0.02)	0.6 (0.09)	0.8 (0.20)	1.2 (0.14)	2.0 (0.48)	0.3 (0.09)	5.0 (0.64)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	15.4 (0.58)	0.5 (0.04)	0.6 (0.12)	1.9 (0.73)	1.5 (0.25)	1.6 (0.46)	0.6 (0.36)	6.3 (1.65)
Aclareo Manual	10.7 (0.28)	1.0 (0.07)	0.3 (0.03)	0.3 (0.04)	0.8 (0.10)	0.3 (0.09)	0 (0)	1.9 (0.12)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes								
Control vs Deshojado	<0.001	<0.001	0.635	0.139	0.089	0.023	0.233	0.036
Control vs Deshojado pre-floración	<0.001	0.001	0.807	0.679	0.350	0.023	0.572	0.179
Control vs Deshojado cuajado	<0.001	<0.001	0.539	0.028	0.034	0.046	0.114	0.014
Pre-floración vs Cuajado	0.622	0.531	0.647	0.028	0.122	0.650	0.203	0.131
Manual vs Mecánico	0.004	0.708	0.061	0.282	0.078	0.073	0.431	0.071
Aclareo vs Deshojado	<0.001	0.018	0.103	0.128	0.010	0.003	0.275	0.012
Análisis de varianza-Valores de probabilidad (p)								
Tratamiento	<0.001	0.005	0.191	0.086	0.050	0.012	0.411	0.019

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

En el año 2008, el aumento de la concentración de flavonoles en los vinos de Tempranillo debido al deshojado precoz se reflejó significativamente en la quercetina y sus derivados glicosídicos para los tratamientos realizados en cuajado. El aclareo manual de racimos condujo a una menor acumulación de flavonoles que el deshojado precoz.

Por otro lado, el deshojado indujo un incremento significativo de las concentraciones de los polifenoles I y II en el año 2007 y del polifenol I solamente, en el año 2008, con independencia de la época de defoliación, aunque en general el efecto fue más acusado en los tratamientos realizados en pre-floración y de forma mecánica. Por el contrario, la concentración del polifenol II disminuyó alrededor de un 50% respecto al control y al aclareo manual debido al deshojado precoz, de forma similar para las dos épocas y modos de ejecución.

El análisis de varianza conjunto para los dos años de estudio de las concentraciones de los monómeros del grupo de los flavonoles analizados en los vinos de Tempranillo se recoge en la tabla 4.71. El factor tratamiento no afectó significativamente las concentraciones de este grupo de monómeros, mientras que las diferencias observadas entre los dos años para algunos tratamientos se reflejaron en la significación estadística de la interacción tratamiento x año para todos los flavonoles evaluados.

Tabla 4.71. Análisis de varianza de las concentraciones de flavonoles en vinos de Tempranillo (Ollauri, La Rioja) durante los años 2007 y 2008. Valores de probabilidad de los factores tratamiento, año e interacción año x tratamiento.

Factor	Polifenol I	Polifenol II	Miricetina-O-glucósido	Quercetina-O-galactósido	Quercetina-O-glucurónido + quercetina-O-glucósido	Quercetina	Flavonoles totales
Tratamiento	0.209	0.979	0.465	0.348	0.377	0.343	0.280
Año	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Tratamiento x Año	0.002	<0.001	0.013	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

▪ **Antocianos**

La influencia del deshojado precoz en las concentraciones de antocianos en vinos de Tempranillo del año 2007 se muestra en la tabla 4.72. No se pudo realizar una cuantificación adecuada de los antocianos a 520 nm en los vinos del 2008, por lo que los resultados correspondientes a este grupo de polifenoles para los vinos del año 2008 no se incluyen en el presente trabajo.

Se identificaron y cuantificaron diez antocianos distintos, de los cuales cinco correspondían al grupo de los sustituidos con un grupo glucosídico en la posición 3, dos eran del grupo de los acetilados y los tres restantes del grupo de los cumaratos. El antociano mayoritario en los vinos de Tempranillo para todos los tratamientos fue la malvidina-3-glucósido, seguido de la delfinidina-3-glucósido y la petunidina-3-glucósido.

El deshojado precoz indujo un aumento significativo de la concentración de antocianos tanto a nivel total como individual para todos los antocianos identificados excepto para la malvidina-3-glucósido, y los cumaratos de petunidina-3-glucósido y malvidina-3-glucósido. La concentración de antocianos totales aumentó debido a la eliminación de hojas alrededor de la floración entre un 15-21 % respecto al control. La época de defoliación no provocó diferencias en la acumulación de antocianos en los vinos de Tempranillo, salvo en el acetato de cianidina-3-glucósido, cuya concentración aumentó notablemente cuando el deshojado se realizó de forma mecánica en cuajado. El modo de ejecución afectó también las concentraciones de cianidina y peonidina-3-glucósido, así como a la de cumarato de malvidina-3-glucósido.

Tabla 4.72. Influencia del deshojado precoz en la concentración de antocianos en vinos de Tempranillo (valores expresados como mg malvidina-3-glucósido/l) del año 2007. Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes.

Tratamiento	Df-3-Gl	Cn-3-Gl	Pt-3-Gl	Pn-3-Gl	Mv-3-Gl	Cn-3-Gl Ac	Mv-3-Gl Ac	Cn-3-Gl Cm	Pt-3-Gl Cm	Mv-3-Gl Cm	Antocianos totales
Control	83.7 (5.73)	10.2 (0.18)	73.0 (4.77)	25.8 (1.87)	214.7 (21.83)	4.5 (0.38)	7.5 (0.31)	2.3 (0.08)	6.1 (0.33)	24.0 (2.88)	452.0 (35.69)
Manual Pre-Floración 8 hojas	111.2 (6.39)	14.8 (1.62)	89.2 (2.62)	39.0 (1.95)	231.3 (6.64)	6.9 (0.68)	9.1 (0.11)	2.9 (0.13)	6.6 (0.05)	23.1 (0.57)	534.1 (9.18)
Manual Cuajado 8 hojas	100.7 (2.88)	10.0 (0.94)	84.5 (1.94)	28.9 (1.02)	246.3 (12.96)	5.5 (0.60)	9.2 (0.24)	2.5 (0.13)	7.0 (0.22)	27.5 (0.93)	522.1 (16.18)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	115.4 (3.55)	13.9 (1.43)	92.7 (1.28)	37.7 (2.32)	236.4 (6.64)	6.6 (0.67)	9.4 (0.28)	2.9 (0.18)	6.8 (0.10)	23.8 (0.21)	545.8 (5.40)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	111.0 (3.87)	16.6 (1.55)	90.2 (2.76)	41.8 (2.00)	224.3 (12.0)	11.3 (0.52)	8.8 (0.44)	2.9 (0.11)	5.7 (0.55)	19.0 (2.05)	531.8 (17.44)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes											
Control vs Deshojado	<0.001	0.029	<0.001	<0.001	0.209	<0.001	<0.001	0.004	0.279	0.725	0.004
Control vs Deshojado pre-floración	<0.001	0.024	<0.001	<0.001	0.265	0.009	<0.001	0.003	0.172	0.779	0.005
Control vs Deshojado cuajado	0.003	0.078	0.002	0.002	0.234	<0.001	0.002	0.018	0.549	0.727	0.011
Pre-floración vs Cuajado	0.145	0.408	0.241	0.143	0.916	0.019	0.418	0.203	0.323	0.919	0.525
Manual vs Mecánico	0.152	0.044	0.146	0.012	0.537	<0.001	0.944	0.140	0.089	0.039	0.611
Análisis de varianza-Valores de probabilidad (p)											
Tratamiento	0.005	0.015	0.006	<0.001	0.543	<0.001	0.008	0.017	0.065	0.050	0.047

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

Abreviaturas utilizadas: Delfinidina-3-glucósido (Df-3-Gl); Cianidina-3-glucósido (Cn-3-Gl); Petunidina-3-glucósido (Pt-3-Gl); Peonidina-3-glucósido (Pn-3-Gl); Malvidina-3-glucósido (Mv-3-Gl); Acetato de cianidina-3-glucósido (Cn-3-Gl Ac); Acetato de malvidina-3-glucósido (Mv-3-Gl Ac); *p*-cumarato de cianidina-3-glucósido (Cn-3-Gl Cm); *p*-cumarato de petunidina-3-glucósido (Pt-3-Gl Cm); *p*-cumarato de malvidina-3-glucósido (Mv-3-Gl Cm).

4.4.3. ANÁLISIS SENSORIAL DE LOS VINOS

Las características sensoriales de un vino definen en gran parte la calidad del mismo. La evaluación sensorial, tanto en aroma como en gusto de vinos elaborados a partir de distintas prácticas de cultivo en el viñedo, como el deshojado precoz, aporta valiosa información sobre el resultado último de esta técnica en el vino final elaborado.

La evaluación de las características organolépticas de los vinos elaborados se llevó a cabo solamente en la variedad Tempranillo.

A. TEMPRANILLO

Las tablas 4.73 y 4.74 muestran las puntuaciones obtenidas mediante la técnica sensorial de análisis descriptivo para los atributos aromáticos evaluados en los vinos de Tempranillo, así como el análisis de varianza y los valores de probabilidad de los contrastes establecidos para el factor tratamiento, en los años 2007 y 2008, respectivamente. El deshojado precoz modificó el perfil aromático de los vinos en ambos años, aunque el sentido y la magnitud del efecto producido mostró ciertas discrepancias entre los dos años. En el año 2007 se observaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos ($p < 0.05$) en seis de los nueve atributos aromáticos evaluados: Fresa-fruta roja, mora, plátano, gominola, violeta y regaliz (Tabla 4.73). En el año 2008, solamente cuatro descriptores, fresa-fruta roja, violeta, hierba cortada y fruta pasa, fueron percibidos de forma significativamente distinta por los jueces (Tabla 4.74). En los dos años, el factor juez constituyó una fuente de variación significativa. Esta circunstancia es muy común en estudios de análisis descriptivo, y sucede por la distinta utilización de la escala de evaluación por parte de los jueces, que puntúan en la parte baja o alta de la escala. El entrenamiento, que constituye la primera fase de todo análisis sensorial, se lleva a cabo para conseguir una coherencia entre los jueces a la hora de ordenar los vinos según cada uno de los atributos a evaluar, pero en ningún caso para otorgar exactamente la misma puntuación.

Tabla 4.73. Influencia del deshojado precoz en el aroma de los vinos de Tempranillo del año 2007 (n= 14 jueces x 3 vinos/tratamiento x 2 repeticiones/vino). Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes.

Tratamiento	Fresa-Fruta roja	Mora	Plátano	Gominola	Floral fresco	Violeta	Hierba cortada	Menta	Regaliz
Control	3.23 (0.25)	2.97 (0.24)	1.89 (0.22)	2.10 (0.22)	1.69 (0.23)	1.27 (0.22)	1.06 (0.18)	1.12 (0.15)	1.78 (0.23)
Manual Pre-Floración 8 hojas	3.15 (0.23)	3.06 (0.18)	1.81 (0.19)	2.07 (0.22)	1.47 (0.15)	1.15 (0.18)	0.86 (0.14)	1.28 (0.18)	1.64 (0.21)
Manual Cuajado 8 hojas	3.30 (0.20)	2.91 (0.19)	1.63 (0.17)	2.13 (0.19)	1.56 (0.16)	1.13 (0.19)	1.01 (0.17)	1.19 (0.18)	1.76 (0.23)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	2.90 (0.25)	2.72 (0.20)	1.48 (0.15)	1.77 (0.18)	1.30 (0.16)	0.88 (0.17)	0.95 (0.18)	1.09 (0.16)	1.53 (0.17)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	1.94 (0.20)	2.24 (0.27)	1.03 (0.16)	1.30 (0.19)	1.53 (0.26)	0.82 (0.17)	0.98 (0.21)	1.16 (0.20)	1.09 (0.22)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes									
Control vs Deshojado	0.050	0.268	0.030	0.137	0.293	0.041	0.934	0.176	0.039
Control vs Deshojado pre-floración	0.391	0.840	0.267	0.417	0.097	0.091	0.784	0.271	0.082
Control vs Deshojado cuajado	0.009	0.073	0.005	0.060	0.798	0.043	0.904	0.176	0.045
Pre-floración vs Cuajado	0.033	0.056	0.037	0.194	0.098	0.660	0.640	0.745	0.726
Manual vs Mecánico	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	0.686	0.001	0.988	0.305	0.001
Análisis de varianza-Valores de probabilidad (p)									
Tratamiento	<0.001	0.005	<0.001	<0.001	0.321	0.005	0.782	0.419	0.001
Juez	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001
Tratamiento x Juez	0.873	0.549	0.966	0.976	0.188	0.913	0.026	0.613	0.112

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

Tabla 4.74. Influencia del deshojado precoz en el aroma de los vinos de Tempranillo del año 2008 (n= 14 jueces x 3 vinos/tratamiento x 2 repeticiones/vino). Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes.

Tratamiento	Fresa-Fruta roja	Mora	Gominola	Violeta	Hierba cortada	Regaliz	Fruta pasa	Pimienta negra-Especiado
Control	2.10 (0.24)	3.23 (0.27)	1.68 (0.27)	1.33 (0.25)	1.25 (0.23)	2.15 (0.30)	3.84 (0.37)	1.39 (0.22)
Manual Pre-Floración 8 hojas	3.01 (0.30)	3.09 (0.30)	2.04 (0.25)	2.06 (0.34)	1.90 (0.31)	1.59 (0.21)	2.42 (0.27)	1.18 (0.20)
Manual Cuajado 8 hojas	2.77 (0.27)	2.87 (0.27)	2.07 (0.24)	1.55 (0.28)	1.55 (0.27)	1.91 (0.24)	1.66 (0.24)	1.37 (0.25)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	2.85 (0.28)	3.33 (0.27)	1.75 (0.26)	1.77 (0.28)	1.65 (0.30)	2.01 (0.26)	2.40 (0.31)	1.45 (0.26)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	3.02 (0.26)	3.11 (0.25)	2.09 (0.22)	1.64 (0.27)	1.45 (0.25)	1.86 (0.25)	1.45 (0.25)	1.25 (0.24)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes								
Control vs Deshojado	<0.001	0.414	0.281	0.102	0.103	0.149	<0.001	0.669
Control vs Deshojado pre-floración	<0.001	0.696	0.562	0.028	0.043	0.062	<0.001	0.623
Control vs Deshojado cuajado	<0.001	0.274	0.166	0.442	0.344	0.446	<0.001	0.773
Pre-floración vs Cuajado	0.873	0.383	0.319	0.074	0.176	0.170	<0.001	0.802
Manual vs Mecánico	0.505	0.225	0.591	0.612	0.356	0.089	0.789	0.778
Análisis de varianza-Valores de probabilidad (p)								
Tratamiento	0.005	0.566	0.605	0.049	0.024	0.109	<0.001	0.599
Juez	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Tratamiento x Juez	0.585	0.258	0.001	0.236	0.235	0.100	0.121	0.115

*Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.

En términos de coherencia, la interacción tratamiento x juez fue significativa solamente para el término hierba cortada en el año 2007 y para gominola en el año 2008, pero ninguno de estos dos atributos mostró diferencias significativas debido al tratamiento.

El deshojado precoz afectó de forma significativa la percepción de los atributos fresa-fruta roja, plátano, violeta y regaliz en los vinos de Tempranillo del año 2007 (Tabla 4.73). Sin embargo, solamente los vinos correspondientes al deshojado mecánico en cuajado mostraron puntuaciones inferiores a los vinos control, en varios de estos cuatro atributos. Además, los vinos elaborados a partir de cepas que habían sido defoliadas manualmente presentaron mayor intensidad aromática en todos los atributos evaluados, excepto floral-fresco, hierba cortada y menta, que los vinos elaborados a partir de cepas defoliadas de forma mecánica.

En el año 2008, el deshojado precoz indujo diferencias significativas respecto al control en la percepción aromática de fresa-fruta roja y fruta pasa, en los vinos de Tempranillo (Tabla 4.74). Sin embargo, cuando el deshojado se realizó en pre-floración, los vinos correspondientes a estos tratamientos mostraron mayor intensidad aromática en fresa-fruta roja, violeta y hierba cortada, e inferior en fruta pasa, que los vinos del control. La época de deshojado solamente afectó significativamente la percepción del aroma a fruta pasa, cuya intensidad fue inferior en los vinos cuando el deshojado se realizó en cuajado que en pre-floración. A diferencia de lo observado en el año 2007, el deshojado realizado mecánicamente no provocó cambios en la percepción aromática de los vinos para ninguno de los atributos evaluados.

La percepción en boca solamente fue evaluada en los vinos del año 2007, y sus resultados se recogen en la tabla 4.75. El deshojado precoz provocó un aumento significativo del volumen en boca y la astringencia de los vinos de Tempranillo respecto al control, con independencia de la época en la que se llevó a cabo. Además, en ambos atributos la mayor intensidad correspondió a los vinos elaborados a partir de cepas deshojadas de forma mecánica en cuajado. La coherencia entre los jueces que formaron parte del panel de cata se manifiesta por la ausencia de significación

estadística de la interacción tratamiento x juez, aunque estos de nuevo utilizaron diferentes partes de la escala, como lo sugiere la significatividad del factor juez para los tres atributos en boca evaluados.

Tabla 4.75. Influencia del deshojado precoz en la percepción en boca de los vinos de Tempranillo del año 2007 (n= 14 jueces x 3 vinos/tratamiento x 2 repeticiones/vino). Valores promedio y errores estándar (entre paréntesis), análisis de varianza y significación de los contrastes.

Tratamiento	Volumen en boca	Acidez	Astringencia
Control	3.34 (0.17)	3.96 (0.21)	3.41 (0.20)
Manual Pre-Floración 8 hojas	3.97 (0.18)	3.56 (0.17)	4.39 (0.33)
Manual Cuajado 8 hojas	3.54 (0.16)	4.11 (0.17)	3.60 (0.19)
Mecánico Pre-Floración Collard 0.5	3.83 (0.18)	3.83 (0.21)	4.32 (0.23)
Mecánico Cuajado Collard 0.5	4.22 (0.22)	3.28 (0.20)	5.52 (0.25)
Valores de probabilidad (<i>p</i>) de los contrastes			
Control vs Deshojado	<0.001	0.117	<0.001
Control vs Deshojado pre-floración	0.001	0.204	<0.001
Control vs Deshojado cuajado	0.003	0.114	<0.001
Pre-floración vs Cuajado	0.755	0.687	0.194
Manual vs Mecánico	0.083	0.115	<0.001
Análisis de varianza-Valores de probabilidad (<i>p</i>)			
Tratamiento	<0.001	0.106	<0.001
Juez	<0.001	<0.001	<0.001
Tratamiento x Juez	0.648	0.217	0.933

**Las medias resaltadas en negrita son significativamente diferentes del control para $p \leq 0.05$, según el test de Dunnett.*

Para identificar las posibles relaciones entre los resultados sensoriales y agronómicos, se establecieron correlaciones entre los descriptores y la producción de uva por cepa, la ratio superficie foliar total/producción y la incidencia de Botrytis (que fue notablemente diferente entre los dos años de estudio). En el año 2007, los atributos violeta, regaliz, así como los descriptores afrutados fresa-fruta roja, mora y gominola se correlacionaron positivamente con la producción de uva por cepa a distintos niveles de significación (Figuras 4.26a, b). Sin embargo, en el año 2008 los tres descriptores afrutados no mostraron correlaciones significativas con la producción de uva por cepa (Figura 4.26c).

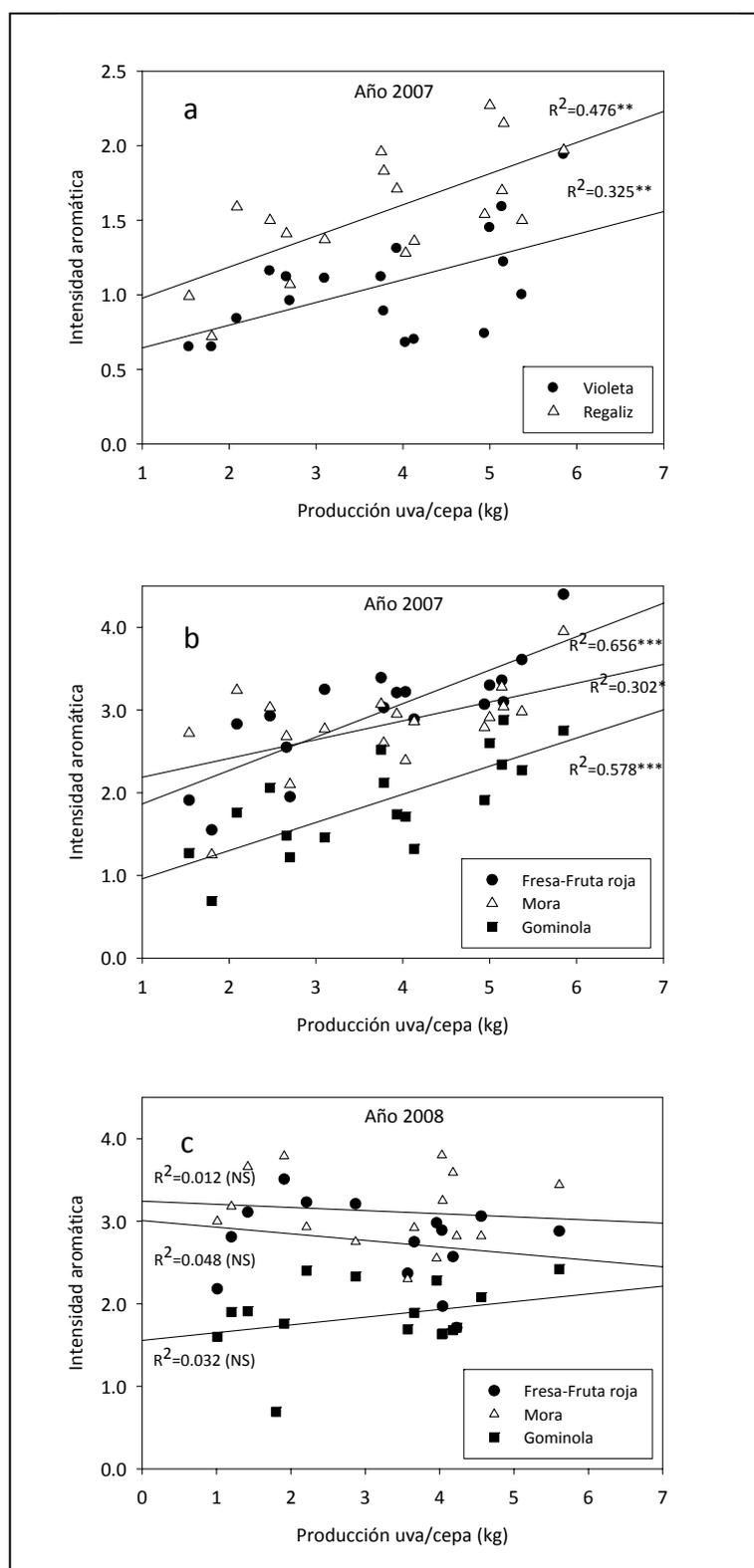


Figura 4.26. Variación de la intensidad media de los descriptores **(a)** violeta (2007), regaliz (2007), **(b)** fresa-fruta roja (2007), mora (2007), gominola (2007), **(c)** fresa-fruta roja (2008), mora (2008) y gominola (2008), con la producción de uva por cepa (incluyendo todos los tratamientos de deshojado). La significación estadística se representa: (NS) no significativo; $p \leq 0.05$ (*); $p \leq 0.01$ (**) y $p \leq 0.001$ (***).

Cuando las correlaciones se establecieron con la ratio superficie foliar total/producción (SFT/P), la intensidad aromática de los vinos en fresa-fruta roja, mora y gominola disminuyó al aumentar la ratio SFT/P en el año 2007 (Figura 4.27a) mientras que en el año 2008 no existió ninguna correlación entre estas variables (datos no mostrados). Los tres atributos de percepción en boca mostraron correlaciones lineales significativas con la ratio SFT/P (Figura 4.27b).

Así, el volumen y la astringencia aumentaron en los vinos de cepas con mayores ratios SFT/P mientras que la acidez en cambio disminuyó.

Respecto a la relación entre la percepción sensorial de ciertos atributos aromáticos y la incidencia de Botrytis en la uva, los resultados obtenidos fueron muy diferentes entre los dos años, y entre descriptores aromáticos. De este modo, en el año 2007 no se observó correlación alguna entre las intensidades de los atributos aromáticos y la incidencia de Botrytis, que fue similar y cercana a cero en todos los tratamientos (Tabla 4.10.). Por el contrario, en el año 2008 la intensidad aromática de fresa-fruta roja y violeta disminuyó significativamente con valores crecientes de Botrytis, mientras que la percepción de fruta pasa se potenció al aumentar la incidencia de Botrytis (Figuras 4.28 a, b).

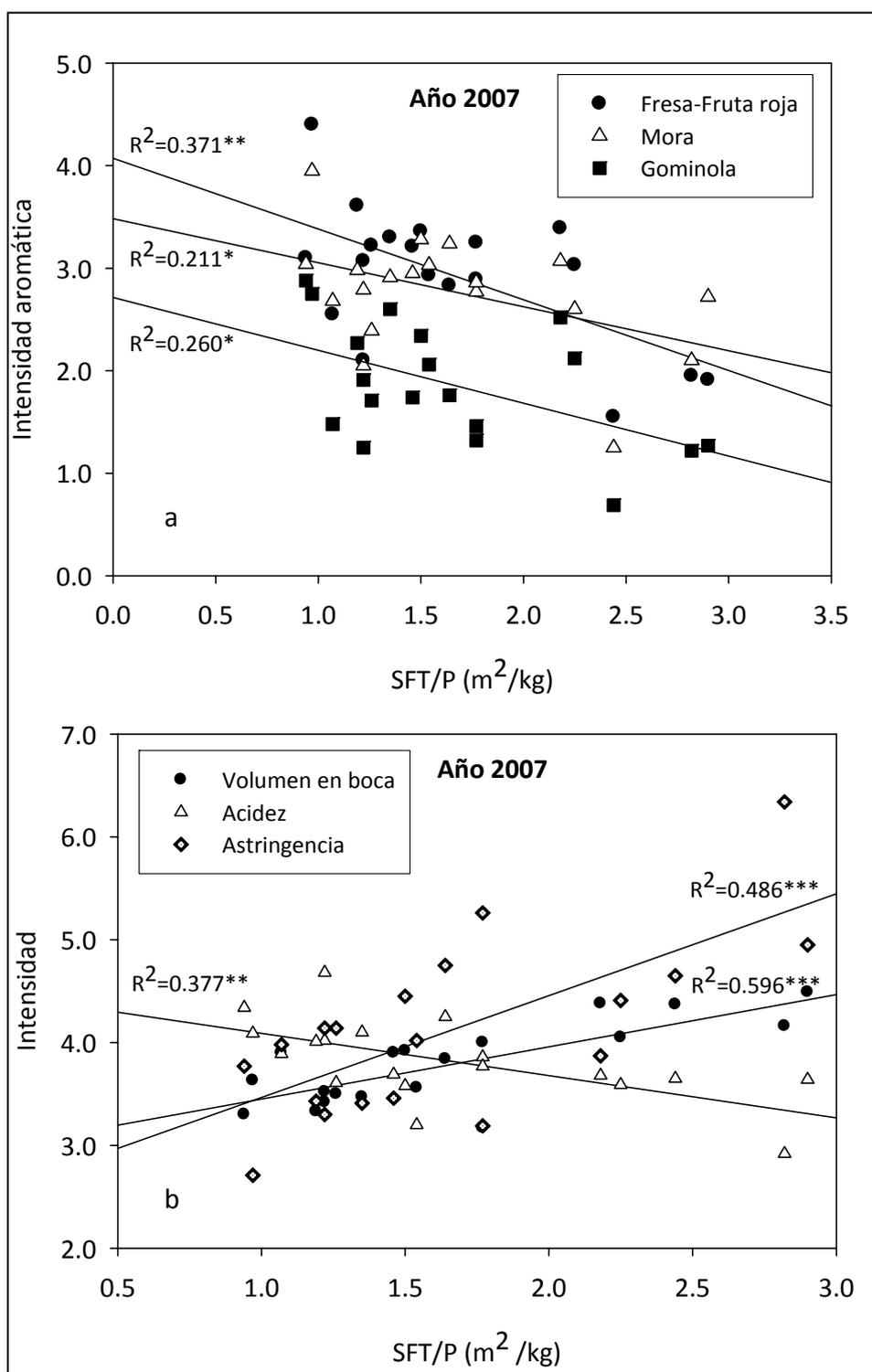


Figura 4.27. Variación de la intensidad media de los descriptores **(a)** fresa-fruta roja, mora, gominola, **(b)** volumen en boca, acidez y astringencia, con la ratio superficie foliar total/producción (SFT/P) (incluyendo todos los tratamientos de deshojado) en el año 2007. La significación estadística se representa: $p \leq 0.05$ (*); $p \leq 0.01$ (**) y $p \leq 0.001$ (***).

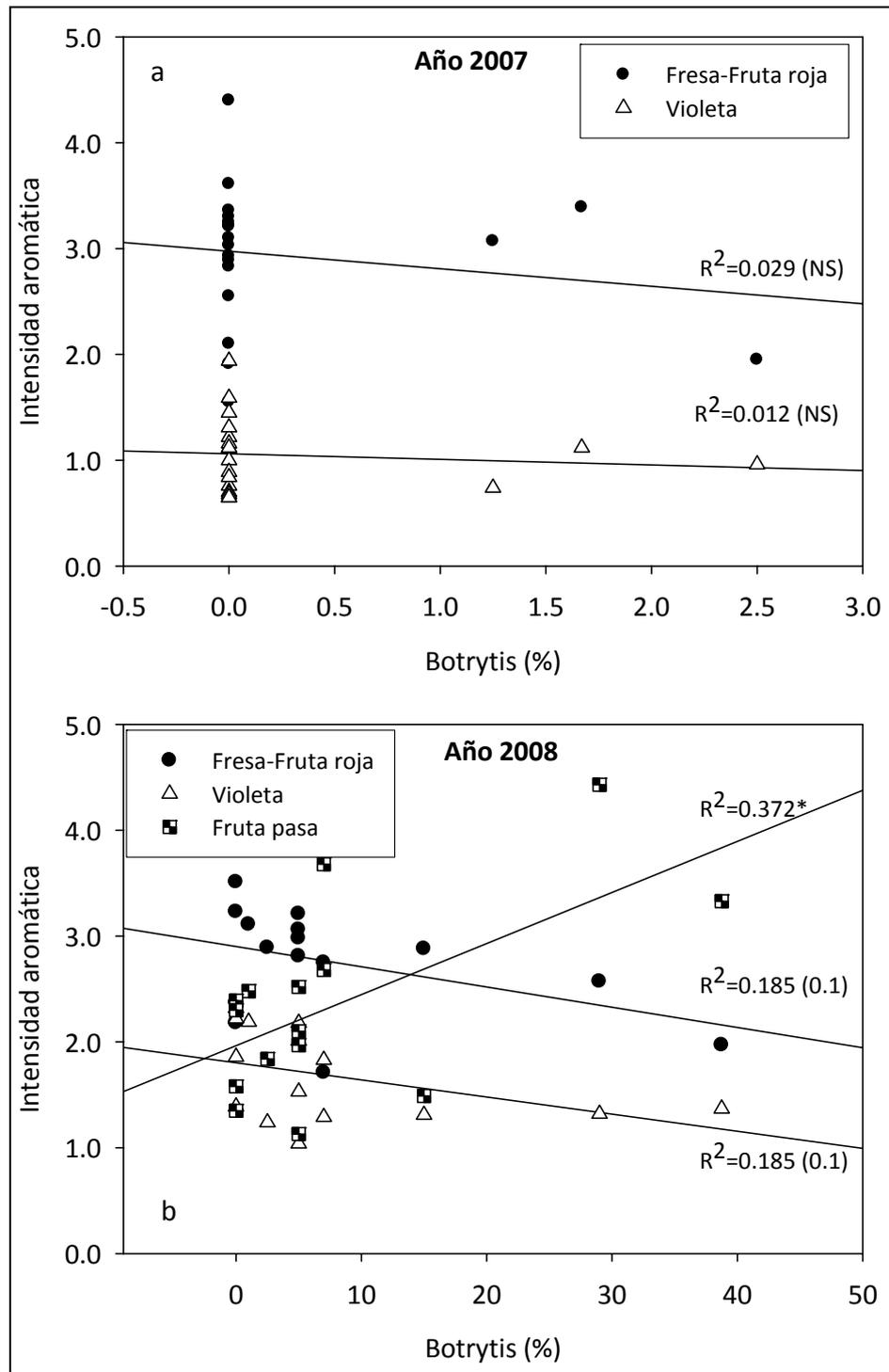


Figura 4.28. Variación de la intensidad media de los descriptores **(a)** fresa-fruta roja (2007), violeta (2007) **(b)** fresa-fruta roja (2008), violeta (2008) y fruta pasa (2008), con la incidencia de Botrytis (incluyendo todos los tratamientos de deshojado). La significación estadística se representa: (NS) no significativo; $p \leq 0.05$ (*).

El análisis de componentes principales (ACP) transforma las variables originales con dependencias entre sí en nuevas dimensiones no correlacionadas, que permiten una visión simplificada de los resultados y eliminan redundancias entre descriptores. La figura 4.29 muestra los mapas de componentes principales para los diferentes tratamientos de deshojado precoz, utilizando solamente los descriptores aromáticos que mostraron diferencias significativas mediante análisis de varianza en los años 2007 y 2008, respectivamente. En el año 2007, el primer componente principal (CP1) explicó el 94.4 % de la variación de los datos y todos los descriptores aromáticos se situaron en la parte positiva del eje (Figura 4.29a).

Los vinos correspondientes a los diferentes tratamientos de deshojado precoz se distribuyeron a lo largo del CP1, desde el lado positivo, donde se localizaron los vinos de los deshojados manuales, muy cerca de los vinos control, hacia el lado negativo del eje, donde se situaron los vinos correspondientes a la defoliación mecánica. El segundo componente principal (CP2) solamente explicó el 3.6 % de la variación de los datos y se definió principalmente por el atributo violeta, en su parte positiva y por el descriptor fresa-fruta roja en su parte negativa (Figura 4.29a). En el año 2008 el primer componente principal (CP1) explicó el 76.8 % de la variación de los datos y el segundo componente principal (CP2) el 21.7 % (Figura 4.29b). De los cuatro atributos aromáticos representados, solamente fruta pasa se situó en el lado negativo del CP1. Hierba cortada y violeta se mostraron muy próximos entre sí, ambos localizados en el cuadrante superior derecho del mapa, mientras que fresa-fruta roja se situó en el cuadrante inferior derecho. El mapa de componentes principales del año 2008 permitió separar los vinos control (en el lado negativo del CP1) de los vinos correspondientes al deshojado precoz (en el lado positivo del CP1). Además, el deshojado en pre-floración indujo una mayor intensidad aromática en los vinos en violeta y hierba cortada respecto al deshojado en cuajado, cuyos vinos se situaron en la parte negativa del CP2.

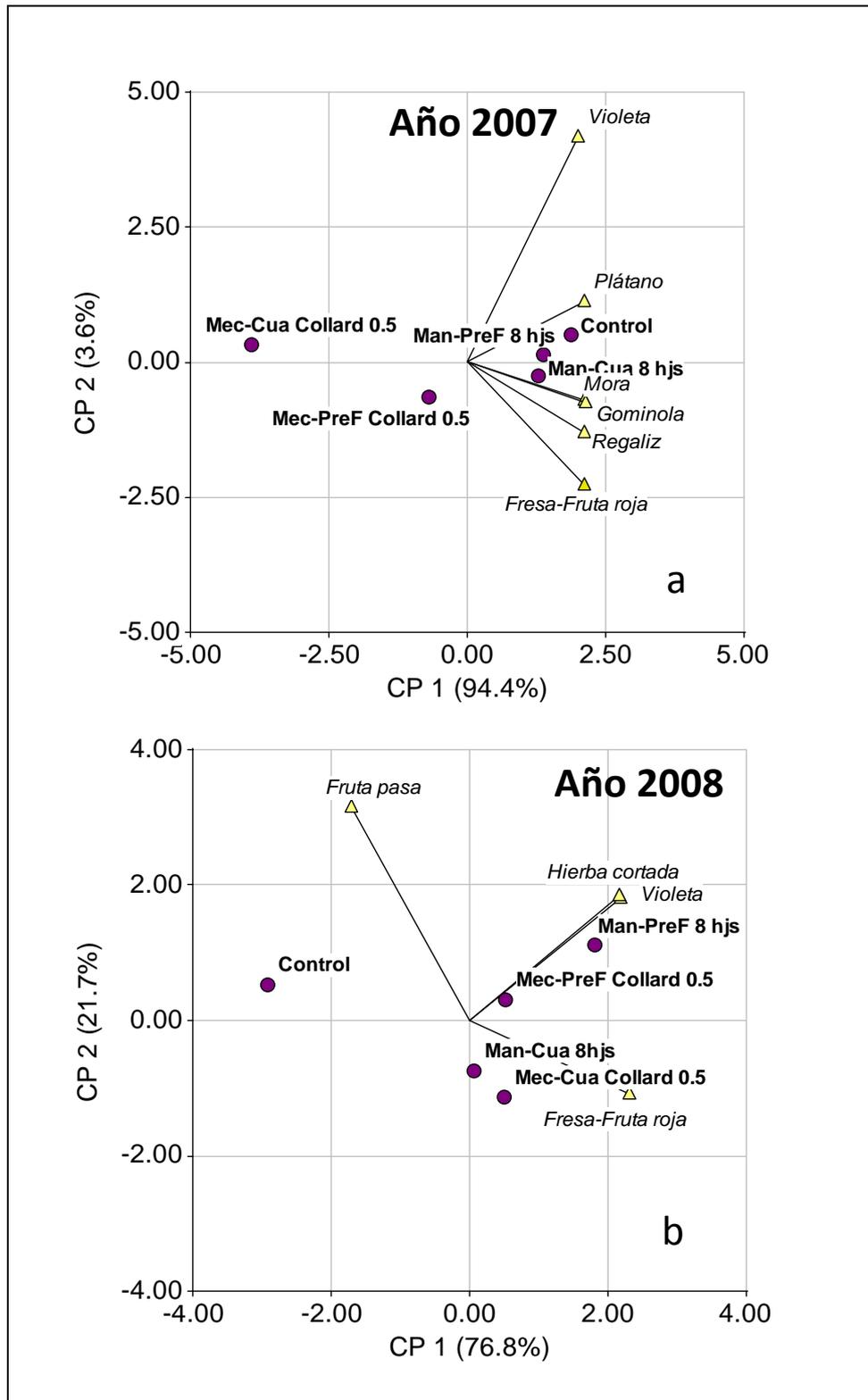


Figura 4.29. Mapa de componentes principales del perfil aromático de los vinos de Tempranillo **(a)** año 2007, y **(b)** año 2008. Los atributos sensoriales (triángulos) y las puntuaciones de los vinos (círculos) se representan para los componentes principales 1 y 2.

Cuando el análisis de componentes principales incluyó, no solo los descriptores aromáticos, sino también los descriptores de percepción en boca (año 2007) y los parámetros analíticos de los vinos que mostraron significación estadística, se consiguió una separación más clara entre los vinos de los distintos tratamientos, especialmente en el año 2007 (Figura 4.30a). Así, los tratamientos manuales, que en el mapa de la figura 4.29a se encontraban próximos al control, se distanciaron de éste, sobre todo el tratamiento manual en pre-floración, que se caracterizó por un mayor contenido alcohólico e intensidad colorante y menor acidez total y ácido málico. En total, los dos componentes principales del mapa de la figura 4.30a explicaron el 93 % de la variación de los datos. Los tratamientos mecánicos se separaron del tratamiento control, no sólo por una menor intensidad aromática de los vinos, ya observada en la figura 4.29a, sino también por presentar mayor pH, volumen en boca, astringencia, tonalidad, intensidad colorante e índice de polifenoles totales. Las variables astringencia, tonalidad e índice de polifenoles totales, las tres en la parte positiva del primer componente principal, se mostraron muy próximas entre sí, manifestando una elevada correlación positiva entre ellas. Así, astringencia e índice de polifenoles totales presentaron un coeficiente de correlación de Pearson igual a 0.86, significativo para $p \leq 0.001$.

La figura 4.30b muestra el mapa de componentes principales incluyendo los descriptores aromáticos y los parámetros analíticos de los vinos de Tempranillo del año 2008. Los dos componentes principales explicaron el 77.1 % de la variación existente entre los datos. El primer componente principal se definió por violeta, hierba cortada y fresa-fruta roja como descriptores aromáticos, pero también de forma marcada por los parámetros analíticos grado alcohólico e intensidad colorante, todas estas variables situadas en la parte positiva del CP1. El segundo componente se definió principalmente por tonalidad e índice de polifenoles totales, ambos en el lado positivo. La distribución de los vinos correspondientes a los diferentes tratamientos en el mapa fue bastante similar a la mostrada en la figura 4.29b.

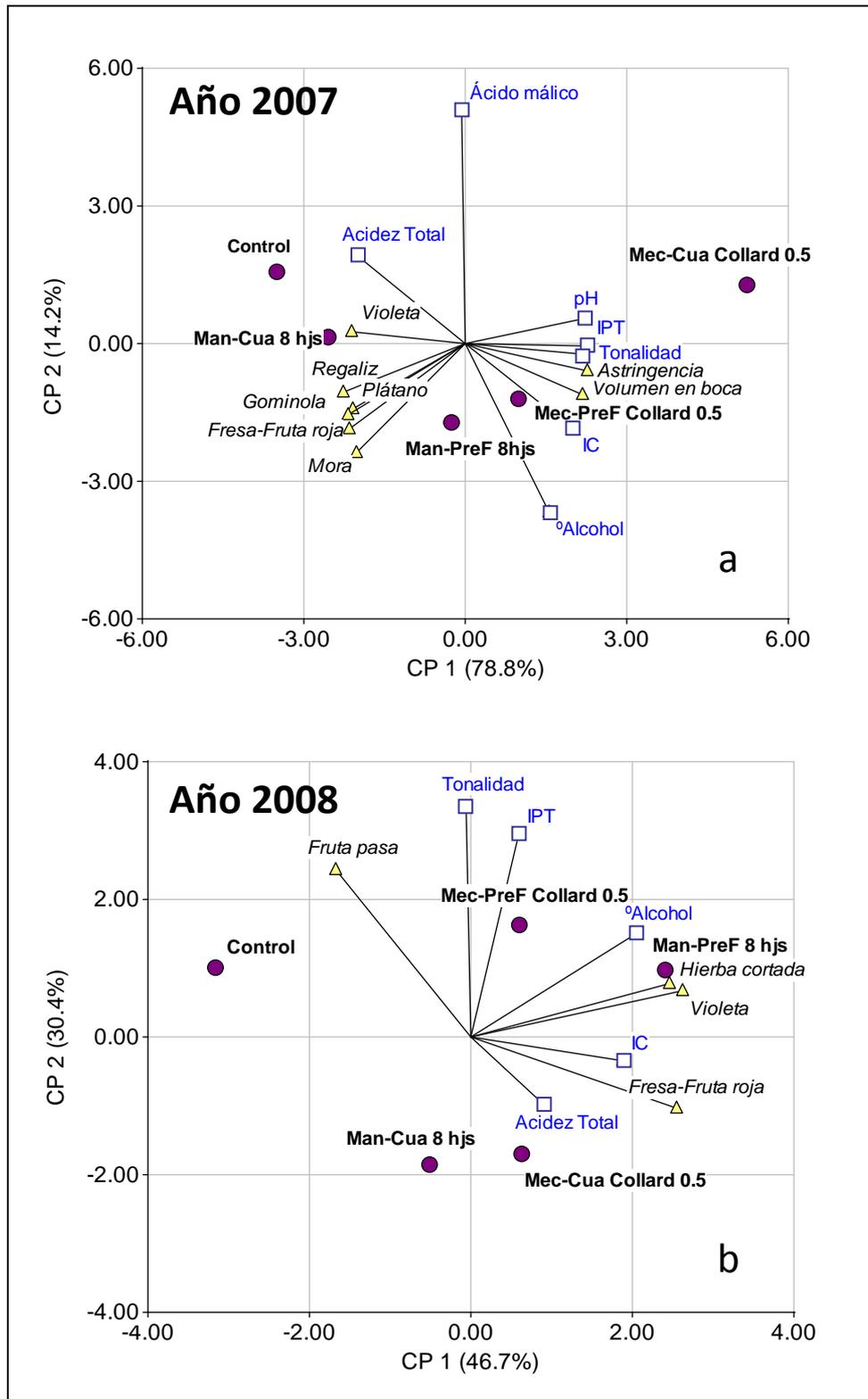


Figura 4.30. Mapa de componentes principales del perfil sensorial y los parámetros analíticos de los vinos de Tempranillo **(a)** año 2007, y **(b)** año 2008. Los atributos sensoriales (triángulos amarillos), las variables analíticas (cuadrados) y las puntuaciones de los vinos (círculos) se representan para los componentes principales 1 y 2.

5. DISCUSIÓN

5.1. PARÁMETROS AGRONÓMICOS

▪ *Superficie foliar*

El desarrollo de las plantas se basa en la actividad fotosintética de las hojas, que son las principales fábricas metabólicas. La actividad fotosintética de la vid depende de la superficie foliar, de la edad, exposición de la hoja, temperatura de la hoja, etc... Cuando se estudia una práctica en verde del viñedo como el deshojado, con la intención de regular el rendimiento productivo de la cepa, es importante constatar la respuesta vegetativa de la planta frente a la eliminación de superficie foliar.

La superficie foliar eliminada se estimó en las variedades Graciano y Mazuelo en el año 2009. En ambas variedades, la superficie foliar eliminada en términos absolutos fue mayor cuando el deshojado se realizó en cuajado que cuando tuvo lugar en pre-floración. Este resultado parece reflejar un mayor desarrollo y tamaño de las hojas principales en cuajado que en pre-floración, y coincide con lo descrito por Poni et al. (2006) en la variedad Trebbiano, y por Intriери et al. (2008) en la variedad Sangiovese. En estos dos trabajos, la superficie foliar eliminada fue mayor en cuajado. Sin embargo, cuando la superficie foliar eliminada se expresó como porcentaje de la superficie foliar principal del pámpano del tratamiento control en cada una de las dos épocas de deshojado, se comprobó que en pre-floración se eliminó alrededor del 90-95 % de la superficie foliar principal en las dos variedades, mientras que en cuajado dicho porcentaje fue muy inferior (55-80 %). Es importante subrayar la fuerte supresión de superficie foliar ocasionada por el deshojado precoz en ambas épocas, sobre todo en pre-floración, época en la que las cepas quedaron prácticamente desnudas. Las diferencias en porcentaje entre ambas épocas reflejan una mayor limitación de

superficie foliar, y por tanto de carbohidratos, en pre-floración que en cuajado. Además, era especialmente interesante comprobar cómo las cepas experimentaron una recuperación foliar, que fue mayor en Graciano que en Mazuelo, conduciendo a una superficie foliar total en vendimia similar a la de las cepas control, excepto para el deshojado mecánico en pre-floración. Hay que destacar también que los resultados de superficie foliar eliminada corresponden solamente a hojas principales. La superficie foliar secundaria en el momento de pre-floración era muy pequeña (datos no mostrados), por lo que los porcentajes de superficie foliar eliminada correspondientes a esta época podrían referirse a la superficie foliar total de la cepa. En cuajado, el crecimiento de los nietos estaba más avanzado, por lo que la superficie foliar secundaria era mayor que en pre-floración (datos no mostrados). Por ello, en esta época, los porcentajes de superficie foliar eliminada en cuajado respecto a la superficie foliar total en ese momento serían inferiores a los mostrados en este trabajo. Este hecho reforzaría aún más las diferencias en la disponibilidad de hoja, y por tanto de carbohidratos, entre ambas épocas.

En los tratamientos mecánicos, es posible que también se haya visto afectada la capacidad de recuperación foliar de la cepa, conduciendo a valores de superficie foliar total en vendimia inferiores al control y a los deshojados manuales. Al igual que en el estudio de Intriari et al. (2008), el deshojado manual eliminó una mayor superficie foliar principal que el deshojado mecánico en Graciano y Mazuelo. Los valores de superficie foliar eliminada mediante los tratamientos mecánicos con la máquina de impulsión de aire fueron muy superiores a los descritos por Intriari et al. (2008) en la variedad Sangiovese, utilizando una deshojadora del tipo aspiración y corte. En este trabajo no se indicaba la velocidad de trabajo por lo que es difícil explicar las diferencias observadas solamente debido al tipo de deshojadora. Además, los sistemas de conducción (COMBI, con vegetación dividida en el estudio de Intriari et al. 2008 y VSP en el presente trabajo) también fueron diferentes. Todos estos factores pueden haber contribuido a las variaciones en la superficie foliar eliminada entre ambos estudios.

La respuesta de la planta en términos de superficie foliar, frente a la eliminación de hojas en la zona basal alrededor de la floración, presentó algunas diferencias entre las tres variedades estudiadas: Tempranillo, Graciano y Mazuelo. Así, en vendimia, el deshojado precoz no indujo cambios significativos en la superficie foliar total de las cepas en ninguno de los dos años en la variedad Tempranillo, mientras que en Graciano y Mazuelo esta se redujo de forma importante. La disminución de la superficie foliar total en estas dos variedades se debió fundamentalmente a la reducción de la superficie foliar principal, unida a una escasa inducción del crecimiento de los nietos. En la variedad Tempranillo, a pesar de no manifestarse diferencias significativas en la superficie foliar principal en el año 2007 para ningún tratamiento, y en el 2008 solamente en algunos tratamientos mecánicos, sí se observó una tendencia hacia valores más bajos de superficie foliar principal respecto al control. Una menor superficie foliar principal en el momento de vendimia es a priori un resultado esperado y coherente, ya que es un resultado directo de la intervención realizada en la cepa, la eliminación de hojas principales. A diferencia de Graciano y Mazuelo, en cepas de la variedad Tempranillo la superficie foliar secundaria experimentó una tendencia creciente respecto al control, que alcanzó significación estadística en los tratamientos manuales a mayor intensidad (8 hojas). Otros autores también han mostrado diferencias en el comportamiento de las cepas frente al deshojado alrededor de la floración, en términos de superficie foliar principal, secundaria y total, para distintas variedades. Así, la superficie foliar principal en vendimia disminuyó respecto al control (sin deshojar) en cepas de Sangiovese, Trebbiano (Poni et al. 2006) y Barbera (Poni et al. 2009) que habían sido defoliadas alrededor de la floración, y fue similar a la de las cepas sin deshojar en Sangiovese (Intrieri et al. 2008) y Lambrusco (Poni et al. 2009), si bien en estos dos trabajos también se observó una tendencia decreciente. Del mismo modo, la superficie foliar total disminuyó en Trebbiano (Poni et al. 2006) y Sangiovese (Intrieri et al. 2008), fue similar en Sangiovese (Poni et al. 2006) y Lambrusco (Poni et al. 2009) e incluso superior a la del control en cepas de Barbera (Poni et al. 2009). La recuperación de superficie foliar total en cepas sometidas a tratamientos de deshojado puede suceder por dos mecanismos distintos: mediante la promoción del crecimiento de nietos o por un crecimiento compensatorio de las hojas, bien aumentando su tamaño o su número, por incremento de la longitud del pámpano (Intrieri et al. 2008).

La inducción de una mayor formación de nietos como respuesta a la eliminación de hojas principales ha sido descrita en varios trabajos (Candolfi-Vasconcelos y Koblet, 1990; Candolfi-Vasconcelos et al. 1994; Poni et al. 2006; Poni et al. 2008) y se ha verificado también en la variedad Tempranillo, especialmente en los tratamientos manuales. A este respecto, el modo de ejecución del deshojado, manual frente a mecánico, provocó diferencias significativas en la superficie foliar secundaria y total en la variedad Tempranillo en ambos años, y en la superficie foliar total en Mazuelo y Graciano en el año 2009. La menor superficie foliar secundaria en las cepas de Tempranillo sometidas al deshojado mecánico podría ser fruto de dos efectos: el efecto directo de la máquina, con independencia del tipo de deshojadora (bien sea de impulsión de aire o de aspiración y corte) eliminando las hojas de los nietos ya presentes en el momento de la intervención, junto con el posible daño sobre las yemas prontas aún sin brotar, inhibiendo de este modo el crecimiento de nietos con posterioridad al deshojado. Intrieri et al. (2008) no observaron diferencias en la superficie foliar secundaria entre deshojado manual y mecánico en la variedad Sangiovese en pre-floración pero sí una tendencia hacia valores menores en las cepas deshojadas mecánicamente cuando el deshojado se realizó en cuajado. Sin embargo, en el trabajo de Intrieri et al. (2008), los tratamientos manuales incluyeron la eliminación de los nietos situados en los seis primeros nudos del pámpano, mientras que en el presente estudio no se eliminó ningún nieto de forma manual.

El segundo mecanismo compensatorio de la superficie foliar total como respuesta a un deshojado implica el crecimiento en número y/o tamaño de las hojas. Varios autores (Flore y Lakso, 1989; Miller et al. 1996) han descrito cambios en el tamaño y la morfología de la hoja de vid como respuesta a la manipulación de la relación entre órganos productores/órganos consumidores (sink-source). En el caso concreto del deshojado, este mecanismo ha sido postulado en varios trabajos (Candolfi-Vasconcelos y Koblet, 1990; Petrie et al. 2000a; Intrieri et al. 2008), y se considera dependiente de la demanda y la disponibilidad de carbohidratos (Petrie et al. 2000a). La ausencia de diferencias significativas en la superficie foliar total en cepas de la variedad Tempranillo pudo haberse debido también en alguna medida a este mecanismo, no así en las variedades Graciano y Mazuelo, donde la superficie foliar total disminuyó. A este

respecto, es posible que o bien la demanda de carbohidratos no fuera lo suficientemente elevada como para estimular el incremento en el desarrollo de las hojas individuales o bien que no hubiera suficientes carbohidratos disponibles.

Aparte del efecto del modo de ejecución ya mencionado, la época de deshojado no provocó cambios significativos en la superficie foliar principal, secundaria y total en vendimia, en ninguna de las tres variedades estudiadas. La intensidad de deshojado manual (4 vs 8 hojas) sí fue un factor relevante en la inducción de la superficie foliar secundaria en Tempranillo, que fue significativamente mayor cuando se eliminaron 8 hojas en vez de cuatro, con independencia de la época. En los deshojados mecánicos, el tipo de deshojadora no parece haber influido en la superficie foliar en Tempranillo, pero sí la velocidad de trabajo. Así, velocidades de trabajo superiores a 0.5 km/h condujeron a una menor reducción sobre la superficie foliar principal, secundaria y total, en la variedad Tempranillo.

▪ ***Porosidad de la canopy y exposición de los racimos***

El incremento de la porosidad de la canopy y de la exposición de los racimos registrado y cuantificado mediante técnicas de imagen digital en las tres variedades parece ser un resultado factible y positivo. Este hecho es importante en el deshojado temprano, especialmente en relación con la duración que los racimos permanecen expuestos a la luz solar (de floración a vendimia).

El deshojado precoz provocó una mayor exposición de los racimos en las tres variedades. Este hecho se observó a través de la ratio entre los píxeles de racimo y la producción de uva por cepa, es decir, la exposición por cada kilogramo de uva. Una mayor exposición de los racimos ha sido con frecuencia asociada a la mejora de la calidad de la uva (Kliewer y Lider, 1968; Kliewer, 1970; Smart et al. 1985; Crippen y Morrison, 1986ab; Reynolds et al. 1986; Smart 1990; Mabrouk y Sinoquet, 1998), que presentaba mayor contenido en azúcares, antocianos y polifenoles y menor acidez total y concentración de ácido málico. Además, en climas frescos una mayor exposición de los racimos parece mejorar la coloración de los mismos (incremento en antocianos)

(Dokoozlian y Kliewer, 1996; Phelps 1999; Bergqvist et al. 2001), pero una exposición excesiva, sobre todo en zonas cálidas, puede provocar una disminución del color (Price et al. 1995; Haselgrove et al. 2000; Bergqvist et al. 2001). En este contexto, el efecto de la exposición de los racimos a la radiación solar va fuertemente ligado a la temperatura de la baya, cuyo incremento a valores elevados puede ser perjudicial para el desarrollo del color de la misma (Bergqvist et al. 2001; Tarara et al. 2008).

El incremento de la porosidad de la vegetación, provocado por el deshojado precoz en las tres variedades, es un resultado especialmente interesante y deseado, ya que una buena permeabilidad de la canopy permite una mayor aireación de la vegetación y de los racimos, una mejor penetración de los productos fitosanitarios y un menor sombreado de las hojas y racimos, que son susceptibles de recibir mayor radiación difusa (Smart 1985; Reynolds et al. 1996; Bledsoe et al. 1998). La mayor aireación de los racimos ha sido frecuentemente asociada a una menor incidencia de *Botrytis* (Gubler et al. 1991; Zoecklein et al. 1992).

La época de deshojado influyó notablemente en las características de la canopy y en la exposición de los racimos en las tres variedades, pero de forma más clara en Graciano y Mazuelo. En estas dos variedades, el deshojado realizado en cuajado incrementó la porosidad de la vegetación y la exposición de los racimos más que el deshojado realizado en pre-floración. Estos resultados podrían explicarse por una menor presencia de nietos en los primeros 60 cm de la vegetación (zona productiva) en aquellas cepas defoliadas tras la floración. A pesar de que no se han observado diferencias en la superficie foliar secundaria entre las dos épocas de deshojado, una defoliación más temprana, en pre-floración puede haber promovido la generación de nietos en los primeros 60 cm de los pámpanos, contribuyendo a un sombreado parcial de los racimos. En las cepas deshojadas en cuajado la brotación de nietos podría haber ocurrido por encima de la zona productiva, tras la defoliación, no contribuyendo de esta forma al sombreado de los frutos.

En general no se observaron diferencias entre los dos modos de ejecución (manual y mecánico) ni en exposición de los racimos ni en porosidad de la vegetación. Sólo en

Tempranillo el deshojado mecánico en pre-floración con la deshojadora de impulsión de aire a la menor velocidad de trabajo indujo los mayores incrementos en exposición de racimos y porosidad de la canopy. En este sentido, el fuerte chorro de aire generado por la deshojadora Collard™ pudo haber eliminado algunos nietos ya brotados en el momento de la defoliación así como haber dañado yemas secundarias, impidiendo de esta forma la brotación de las mismas. El tipo de deshojadora y la velocidad de trabajo sí han tenido una influencia significativa tanto en la exposición de los racimos como en la porosidad de la canopy, que fueron mayores cuando se utilizó una máquina de impulsión de aire a la velocidad de trabajo menor.

Por otro lado, dentro de los tratamientos manuales, la eliminación de 8 hojas en vez de 4 contribuyó al incremento significativo de la exposición de los racimos en cepas de Tempranillo, pero el efecto fue más acusado cuando la defoliación se llevó a cabo en pre-floración.

El aclareo manual de racimos es una práctica vitícola que controla el rendimiento productivo. Sin embargo, a diferencia del deshojado precoz, como era de esperar, no modificó ni la exposición de los racimos ni la porosidad de la vegetación, con las implicaciones que estos dos aspectos tienen sobre la calidad de la uva producida.

▪ **Fertilidad**

Las primeras fases del ciclo reproductor de la vid incluyen la inducción y la iniciación de las inflorescencias en el año anterior a su floración (Lavee et al. 1967; Buttrose 1974). Entre los principales factores que afectan de forma importante a la fertilidad de las yemas se incluyen la exposición a la luz, la temperatura y la disponibilidad de carbohidratos. En relación con la disponibilidad de carbohidratos, algunos autores (May et al. 1969; Mansfield y Howell, 1981; Candolfi-Vasconcelos y Koblet, 1990; Hunter y Visser, 1990), han descrito una reducción en el número de inflorescencias por pámpano en respuesta a un deshojado realizado el año anterior, aunque algunos de ellos (May et al. 1969; Mansfield y Howell, 1981) matizaron que se requería una defoliación completa del pámpano para provocar una reducción del número de

inflorescencias. En nuestro trabajo, la fertilidad de las yemas, expresada como número de flores por inflorescencia y número de racimos por pámpano no se vio afectada por el deshojado precoz en ninguna de las tres variedades. Solamente el deshojado mecánico en pre-floración con la máquina de impulsión de aire a 0.5 km/h provocó una reducción del número de racimos por pámpano en Tempranillo el segundo año. Poni et al. (2006) tampoco observaron ningún efecto en la fertilidad de la yema (expresada como número de racimos por pámpano) el año posterior al deshojado como consecuencia de los tratamientos de deshojado efectuados el año anterior en la variedad Trebbiano. Bennett et al. (2005) observaron una disminución significativa del número de flores por inflorescencia y del número de inflorescencias por pámpano en la variedad Chardonnay como consecuencia de la defoliación realizada el año anterior. A este respecto, Bennett et al. (2005) propusieron que los mecanismos involucrados en la relación entre el deshojado, la disponibilidad y reservas de carbohidratos y los componentes florales pueden considerarse en dos efectos: 1) el efecto directo causado en el año en el que tiene lugar el deshojado, y 2) el efecto arrastrado en el año siguiente al deshojado, vía la reducción de las reservas de carbohidratos acumuladas tras la vendimia. El efecto 1 propone que una reducción en la disponibilidad de carbohidratos en el momento de la iniciación de la inflorescencia puede reducir la iniciación del primordio reproductor y por tanto el número de inflorescencias por pámpano al año siguiente. Este efecto ha sido propuesto por varios autores (May 1965; Smart et al. 1982; Sommer et al. 2000), quienes además vinculan la reducción en la fertilidad de la yema a la eliminación de la hoja correspondiente a dicho nudo. Por el contrario, Bennet et al. (2005) apoyaron el mecanismo sugerido en el efecto 1 pero abogaron por un efecto global a nivel de cepa y no limitado al nudo que fue deshojado, lo que les llevó directamente al efecto 2, estableciendo una relación directa entre las reservas de carbohidratos acumuladas y la fertilidad de la cepa. En nuestro estudio, la inducción de un mayor desarrollo de nietos como consecuencia del deshojado precoz, observada principalmente en la variedad Tempranillo, contribuiría a la mayor acumulación de reservas en los órganos perennes. Las hojas de los nietos contribuyen más eficazmente que las hojas principales a esta acumulación (Candolfi-Vasconcelos et al. 1994) al caer entre 10-14 días después que las hojas principales y presentar una

mayor actividad fotosintética en etapas tardías y posteriores a la vendimia (Palliotti et al. 2000).

El número de racimos por cepa sí disminuyó en el segundo año en las tres variedades debido al deshojado precoz, principalmente cuando este fue realizado de forma mecánica. El efecto provocado por la acción de la máquina deshojadora, podría explicarse por una acción mecánica de eliminación de racimos durante la operación de deshojado, más que por un daño en las yemas latentes (efecto fisiológico), que tendría repercusión en el año siguiente. La menor probabilidad de esta segunda hipótesis se basa en la ausencia de diferencias significativas en el número de racimos por pámpano observada, con la excepción del deshojado mecánico en pre-floración en la variedad Tempranillo en el año 2008.

Aparte de la disponibilidad de carbohidratos, la luz y la temperatura son dos factores claves, que se correlacionan con la fertilidad en la vid, y Antcliff y Webster (1955) fueron los primeros en sugerirlo. Posteriormente, Alleweldt (1963) y Hegedus (1973) aportaron rigurosos estudios estadísticos que demostraban la relación directa entre temperatura y radiación solar en los meses de mayo-julio y el número de inflorescencias el año siguiente. En referencia a la luz, la eliminación de superficie foliar en los primeros 60 cm del pámpano alrededor de la floración (mayo-junio) contribuiría a incrementar la exposición a la luz de las yemas latentes, provocando un efecto sobre la fertilidad que podría contrarrestar la menor disponibilidad de carbohidratos ocasionada por el deshojado. El efecto es aún más relevante si se tiene en cuenta que no es la intensidad de la luz ambiental la limitante de la fertilidad, sino la intensidad de la luz dentro de la canopy (Buttrose 1974), cuya porosidad se ha visto aumentada por el deshojado precoz. A pesar de que la fertilidad se ha comportado de forma similar en las tres variedades estudiadas, es importante tener en cuenta que las curvas de respuesta de la fertilidad frente a la luz solar varían entre variedades (Sánchez y Dokoozlian, 2005). El efecto de la temperatura va directamente vinculado a la mayor exposición solar, y en general se acepta que temperaturas inferiores a 20 °C o superiores a 35 °C tienen un efecto negativo en la fertilidad, que también difiere según la variedad (Buttrose 1970).

Relacionado con la luz y la temperatura, las variaciones climáticas de un año a otro, incluyendo condiciones de lluvia y calor durante el período de inducción floral juegan un papel fundamental en la fertilidad de la yema (Huglin 1960; Sommer et al. 2000). Por ello, las diferencias climáticas (precipitaciones y radiación solar acumulada) observadas entre los tres años de estudio, 2007, 2008 y 2009 podrían explicar las diferencias en el número de racimos por pámpano y por cepa entre el 2007 y 2008 en Tempranillo y entre 2008 y 2009 en Graciano y Mazuelo. De los tres años, el 2008 fue notablemente más lluvioso en el período de abril-julio, lo que pudo incidir en la disminución generalizada para todos los tratamientos, incluido el control, del número de racimos por pámpano y por cepa en Graciano y Mazuelo en el año 2009. Además, dicho efecto climático también ayudaría a explicar el menor número de flores por inflorescencia registrado en el año 2009 en la variedad Mazuelo para todos los tratamientos respecto al año anterior.

Por último, el menor número de racimos por pámpano y por cepa en los tratamientos de aclareo manual no tiene relación alguna con la fertilidad de la yema, y son resultado directo de la eliminación de un racimo por pámpano en pre-envero durante la operación del aclareo.

▪ ***Tasa de cuajado***

El descenso en la tasa de cuajado observado en las tres variedades, especialmente cuando el deshojado se realizó en pre-floración, parece confirmar que la disponibilidad de fuentes de carbohidratos alrededor de la floración es un factor determinante del cuajado, como lo han demostrado también otros autores (Coombe 1962; Caspari y Lang, 1996; Poni et al. 2005; Poni et al. 2006). Sin embargo, el efecto del deshojado precoz sobre la tasa de cuajado se ha manifestado de forma más acusada en la variedad Mazuelo, poniendo de relieve diferencias relacionadas con el genotipo, también sugeridas por Poni et al. (2006). Aparte de la variedad, los principales factores que han incidido en la severidad de la reducción de la tasa de cuajado como consecuencia del deshojado precoz son la época y el modo de defoliación. Así, el deshojado realizado en cuajado no ha reducido significativamente la tasa de cuajado

respecto al control en ninguna de las tres variedades, excepto en Mazuelo en el año 2009, mientras que dicha reducción si se ha verificado para las cepas deshojadas en pre-floración. Una defoliación más temprana, anterior a la floración frente a la eliminación de hojas en cuajado podría parecer a priori más determinante y eficaz en la alteración de la tasa de cuajado al comprometer la disponibilidad de carbohidratos para tal proceso. Además, los resultados de superficie foliar eliminada en Graciano y Mazuelo en el año 2009 indicaban una mayor supresión de superficie foliar en términos porcentuales, y por tanto, también mayor limitación en carbohidratos disponibles, cuando el deshojado se realizaba en pre-floración frente a cuajado. Poni et al. (2006) observaron una reducción del 28% de la tasa de cuajado en la variedad Trebbiano cuando se eliminaron las primeras 8 hojas basales en cuajado. A diferencia del presente trabajo, estos autores también eliminaron los nietos de los ocho primeros nudos, lo que pudo suponer una limitación adicional de fuentes de carbohidratos, que pudo inducir el aborto de bayas ya cuajadas, contribuyendo de esta forma a la reducción de la tasa de cuajado observada en vendimia. Es importante destacar la importancia de los nietos como exportadores netos de carbohidratos tan pronto como tienen 2 hojas, aportando fotoasimilados para su propio crecimiento como para el pámpano (Hale y Weaver, 1962). Por otro lado, diferencias en las reservas de carbohidratos acumuladas en las partes perennes de las cepas entre distintos tratamientos podrían afectar al desarrollo de la baya en el momento del cuajado.

El modo de ejecución del deshojado es otro factor que ha sido determinante en la reducción de la tasa de cuajado, especialmente en Tempranillo y Graciano. Así, el deshojado realizado de forma mecánica ha sido más eficaz que el deshojado manual en la reducción de la tasa de cuajado. De los dos tipos de deshojadora evaluados, solamente la máquina de impulsión de aire ha provocado una disminución significativa. El ya mencionado efecto directo de la máquina eliminando los brotes secundarios ya presentes en el momento de la intervención (limitando aún más la disponibilidad de carbohidratos) unido a la eliminación por el chorro de aire a presión de algunos botones florales (en la deshojadora de impulsión de aire) podrían explicar las diferencias encontradas entre la defoliación manual y mecánica. Además, estos dos efectos se verían acentuados a velocidades de trabajo inferiores, explicando así las

diferencias entre el deshojado realizado a 0.5 km/h y a 2 y 3 km/h, estos dos últimos insuficientes para reducir la tasa de cuajado. A diferencia de los resultados obtenidos en este trabajo, Intrieri et al. (2008) observaron una reducción significativa de la tasa de cuajado en la variedad Sangiovese como consecuencia del deshojado mecánico en pre-floración con una deshojadora del tipo aspiración y corte. Pero en este caso, dicha reducción fue inferior a la provocada por la eliminación manual de las primeras seis hojas basales y seis primeros nietos.

Varios autores han relacionado la severidad del deshojado manual, (el número de hojas principales eliminadas) con la tasa de cuajado, sugiriendo incluso la no linealidad de esta relación (Coombe 1962; Caspari y Lang, 1996; Poni et al. 2006). En un detallado estudio de deshojado realizado por Caspari y Lang (1996) en pámpanos de Sauvignon Blanc previamente anillados, estos autores observaron una disminución de la tasa de cuajado del 17 % al 5 %, cuando el número de hojas eliminadas en floración aumentó de 6 a 8. Del mismo modo, Poni et al. (2006) registraron una reducción de la tasa de cuajado del 5.7 % en Sangiovese y 19 % en Trebbiano cuando se eliminaron 6 y 8 hojas respectivamente. En el presente estudio, la eliminación manual de 8 hojas en pre-floración tendió a reducir la tasa de cuajado respecto al control en las tres variedades. Sin embargo, la eliminación de 4 hojas en pre-floración y de 4 y 8 hojas en cuajado no ha provocado diferencias significativas en la tasa de cuajado respecto al control en la variedad Tempranillo. En el estudio de Poni et al. (2006), la eliminación de los nietos en los primeros 8 nudos puede haber favorecido un efecto sinérgico con el deshojado de las hojas principales, que se tradujo en la mayor reducción de la tasa de cuajado observada al incrementar el número de hojas eliminadas.

▪ ***Componentes de la producción***

La reducción de la tasa de cuajado observada como consecuencia del deshojado precoz, principalmente en pre-floración, ha provocado la disminución del número de bayas y peso del racimo causando el descenso de la producción en las tres variedades estudiadas. Resultados similares fueron observados en trabajos de deshojado alrededor de la floración en Sangiovese (Poni et al. 2006; Intrieri et al. 2008), Trebbiano (Poni et al. 2006), Barbera y Lambrusco (Poni et al. 2009). Todos los

estudios realizados sugieren que el deshojado precoz puede ser una herramienta válida y eficaz para regular el rendimiento productivo.

De forma análoga a lo explicado para la tasa de cuajado, la época y modo de ejecución han sido dos factores determinantes en la reducción de los componentes de la producción. En general, para las tres variedades el deshojado realizado en pre-floración y con máquina deshojadora ha provocado una disminución de la producción más intensa respecto al control, que el deshojado realizado en cuajado o de forma manual, respectivamente. El razonamiento que explicaba este comportamiento en la tasa de cuajado es el mismo que explicaría la distinta eficacia en los componentes de la producción.

El tipo de deshojadora también ha sido un factor determinante en la efectividad del deshojado precoz en la reducción de los componentes de la producción en la variedad Tempranillo. A este respecto es interesante poner de manifiesto las diferencias observadas entre la deshojadora Collard™ de impulsión de aire, que ha reducido significativamente el número de bayas y peso del racimo así como la producción de uva en pre-floración, y las deshojadoras del tipo aspiración y corte, Pellenc™ y Tordable™, en los años 2007 y 2008, respectivamente. A pesar de que estas dos deshojadoras funcionan siguiendo un diseño operativo similar, su eficacia frente a la deshojadora de impulsión de aire en pre-floración fue muy diferente. Así, en el año 2007, el deshojado precoz realizado con la máquina Pellenc™ indujo unos efectos similares en los componentes de la producción a los de la deshojadora Collard™, ambas funcionando a una velocidad de trabajo de 0.5 km/h. Sin embargo, en el año 2008, el deshojado precoz realizado con la máquina Tordable™ prácticamente no indujo reducción alguna de los componentes de la producción respecto al control. Los primeros ensayos de deshojado precoz mecánico fueron realizados por Intrieri et al. (2008) con una deshojadora de aspiración y corte (Plucker, Tanesini Technology, Faenza, Italia) en un viñedo de Sangiovese conducido en sistema COMBI, con vegetación dividida. A pesar de observar una reducción de la tasa de cuajado, tal y como se ha mencionado anteriormente, el efecto producido sobre el peso del racimo y la producción de uva por pámpano fue muy moderado, inferior al producido por los

tratamientos manuales (en pre-floración y cuajado), y ligado en parte a daños directos de la máquina sobre las inflorescencias. Las discrepancias mostradas entre los efectos causados por las diferentes máquinas deshojadoras en los componentes de la producción pone de relieve la importancia de una elección cuidadosa de la maquinaria a utilizar cuando se desea realizar un deshojado precoz.

Otro aspecto importante en la mecanización es la velocidad de trabajo. En Tempranillo, solamente el deshojado realizado a 0.5 km/h se ha mostrado eficaz en el control de la producción frente al control. El deshojado a velocidades de 2 y 3 km/h no ha modificado los componentes de la producción. En futuros estudios, sería interesante probar velocidades de trabajo intermedias entre 0.5 y 2 km/h.

Por otro lado, el número de hojas eliminadas manualmente (4 frente a 8 hojas) no ha sido un factor crítico cuando el deshojado se realizó en cuajado ya que a ninguna de las dos intensidades se redujeron los componentes de la producción respecto al control. Sin embargo, en pre-floración la eliminación de 8 hojas sí provocó una disminución de los componentes de la producción, mientras que la eliminación de 4 hojas no causó ningún efecto. En resumen, la eliminación de 4 hojas no modificó la producción de uva en ningún caso.

La influencia del deshojado precoz en el peso de la baya mostró diferencias según la variedad. Así, en Tempranillo y Mazuelo la eliminación de hojas alrededor de la floración no modificó el peso medio de la baya frente al control mientras que en Graciano el peso medio de la baya se redujo significativamente en prácticamente todos los tratamientos respecto al control, contribuyendo aún más a la reducción de la producción en esta variedad. El comportamiento del peso de la baya como respuesta al deshojado precoz también ha mostrado discrepancias según la variedad en otros trabajos realizados. De este modo, el deshojado precoz redujo el peso de la baya en Sangiovese y Trebbiano (Poni et al. 2006), no provocó ningún efecto en otro estudio sobre Sangiovese (Intrieri et al. 2008) y Lambruso (Poni et al. 2009) e incluso indujo un incremento del peso de la baya en Barbera (Poni et al. 2009). Algunos autores han postulado que el tamaño final de la baya se ve principalmente afectado por el

deshojado cuando este se realiza en las primeras fases del desarrollo, como sucede en el deshojado precoz (Kliewer 1970b; Candolfi-Vasconcelos y Koblet, 1994). Además, Buttrose (1966) y Kliewer (1970b) observaron que el crecimiento de la baya se vio más fuertemente inhibido en el período post-floración (período en el que tiene lugar la división y el agrandamiento celular) que tras el envero, en sendos ensayos de deshojado. Petrie et al. (2000) también sugirieron que el deshojado podría producir una reducción del número y tamaño de las células provocando la disminución del tamaño de la baya. La limitación en la disponibilidad de carbohidratos sería la responsable de este fenómeno inhibitorio en el crecimiento celular (Caspari y Lang, 1996; Ollat y Gaudillere, 1998). Sin embargo, la repentina y a la vez duradera exposición a la luz solar y/o temperatura de los racimos causada por la defoliación podría tener un efecto positivo en el desarrollo celular de la baya, que podría incluso contrarrestar el efecto provocado por la limitación de carbohidratos (Poni et al. 2006). A este respecto, la división celular tanto en el pericarpio como en el exocarpio parecen ser bastante sensibles a la temperatura, tal y como lo demuestran estudios del crecimiento celular en la variedad Tokay a diferentes temperaturas en floración y cuajado (Kliewer 1977) y en la variedad Sultana (Harris 1968). En el presente estudio, es posible que efecto de la exposición y temperatura en el crecimiento celular de la baya en los estados iniciales haya podido compensar la inhibición causada por la menor disponibilidad de carbohidratos en Tempranillo y Mazuelo, sin embargo no haya sido suficiente en la variedad Graciano, provocando la disminución del peso de baya observada. Además, diferentes estudios han documentado la recuperación de la actividad fotosintética de la cepa (Hofäcker 1978; Candolfi-Vasconcelos y Koblet, 1991; Poni y Giachino, 2000; Petrie et al. 2003; Poni et al. 2006; Poni et al. 2008), así como la aceleración de la translocación de carbohidratos hacia el racimo (Quinlan y Weaver, 1974) tras el deshojado. Ambos efectos han podido contribuir también a un cierto crecimiento compensatorio de la baya. Por otro lado, un matiz a tener en cuenta es la distinción entre el peso y tamaño de la baya. Mientras el crecimiento celular afectaría notablemente ambas variables, el peso de baya, que es el parámetro medido en este trabajo se ve también afectado por la composición de la misma, principalmente por el contenido en azúcares, ácidos y metabolitos secundarios. La determinación no sólo del

peso sino también del tamaño o volumen de la baya hubiera permitido separar ambos efectos.

Respecto al aclareo manual, el deshojado precoz indujo una reducción de la producción de uva similar y en algunos casos, superior al aclareo manual en las tres variedades estudiadas. Sin embargo, la manera en la que dicha reducción tuvo lugar es claramente diferente entre ambas técnicas. Mientras que en el aclareo manual la producción se redujo por disminución del número de racimos, en el deshojado manual sucedió por la obtención de racimos más pequeños y con menor número de bayas. Además, mientras el peso de la baya no se ha visto afectado, o en algunos casos disminuido, debido al deshojado precoz, tanto en Graciano como en Mazuelo en el año 2009 el peso de la baya en cepas sometidas a aclareo manual no sólo fue mayor que el de los tratamientos de deshojado precoz, sino superior al peso de la baya de las cepas sin deshojar, debido a un crecimiento compensatorio de la misma, como ha sido descrito por varios autores (Kaps y Cahoon, 1989; Reynolds et al. 1994; Petrie y Clingeleffer, 2006).

La relación hoja/fruto, expresada como superficie foliar total/producción de uva (SFT/P) no se vio modificada o incluso aumentó en Tempranillo y en Mazuelo en algún año. Diversos autores han descrito resultados similares en diferentes variedades sometidas a deshojado precoz (Poni et al. 2006; Intrieri et al. 2008; Poni et al. 2009). Estos resultados confirman que la eliminación de las hojas alrededor de la floración, puede ser completamente contrarrestada por la correspondiente reducción de la producción, conduciendo de esta forma al mantenimiento o incluso incremento de la ratio hoja/fruto respecto al control (sin deshojar). En el presente estudio, solamente el deshojado manual en cuajado condujo a una ratio SFT/P inferior al control en alguno de los años en Graciano y Mazuelo. Dicha reducción pudo ser debida a una escasa eficacia de este tratamiento en la reducción de la tasa de cuajado y, por tanto, a una disminución de la superficie foliar total no compensada por el descenso de los componentes de la producción.

- ***Compacidad del racimo***

La reducción de la tasa de cuajado, así como del número de bayas por racimo debida al deshojado precoz en las tres variedades se reflejó en la obtención de racimos más sueltos, lo que se manifestó en una disminución de la compacidad del racimo. Este efecto fue mucho más marcado para los tratamientos realizados en pre-floración y de forma mecánica. La modificación de la morfología del racimo, haciéndolo menos compacto, es una de las ventajas del deshojado precoz frente al control, y a la técnica del aclareo manual. En un racimo más suelto se favorece la aireación del mismo, tan deseada en el control de enfermedades fúngicas como la *Botrytis*, así como una mejor y más homogénea exposición de las bayas interiores del racimo, que se traduce en una maduración más homogénea de la uva.

- ***Estado sanitario de la uva***

En referencia al estado sanitario de la uva, el beneficio de la obtención de racimos menos compactos, y el incremento de la porosidad de la vegetación, con mayor exposición de los racimos como consecuencia del deshojado precoz se manifestó de forma más acusada en años húmedos y con abundancia de precipitaciones en el momento del cierre de racimo y vendimia.

Desde el punto de vista climatológico, los años 2007 y 2009 se caracterizaron por ser años cálidos y secos, mientras que el 2008 fue un año especialmente húmedo, también en la última fase de maduración de la uva y en el período de vendimia. Por ello, en general, en los años 2007 y 2009 la incidencia de *Botrytis* en todos los tratamientos, incluido el control fue muy baja, prácticamente nula, no observándose diferencias debidas al deshojado precoz en Tempranillo y Graciano. La reducción de la incidencia de *Botrytis* en Tempranillo y Graciano fue significativa y generalizada para la mayoría de tratamientos de deshojado en el año 2008, y a pesar de la baja tasa de infección en el año 2009, también en la variedad Mazuelo. Otros trabajos también han documentado la efectividad del deshojado clásico, tanto manual, como mecánico en la mejora del estado sanitario de la uva mediante el control de la incidencia de *Botrytis*,

debido a una mejor circulación del aire y exposición de los racimos (Gubler et al. 1991; Zoecklein et al. 1992).

Asimismo, la mejora del estado sanitario de la uva, reduciendo la incidencia de *Botrytis* también se ha verificado en los tratamientos de deshojado precoz frente al aclareo manual, por efecto de la ya mencionada descompactación de los racimos así como de la mayor porosidad de la vegetación y exposición de la uva causada por el deshojado.

Estos resultados sugieren que el deshojado precoz es una potente herramienta para mejorar el estado sanitario de la uva, en especial, reducir la incidencia de *Botrytis*.

5.2. EVOLUCIÓN DE LA MADURACIÓN DE LA UVA

El seguimiento del peso de la baya durante las cuatro semanas anteriores a la vendimia ha revelado diferencias entre los tratamientos de deshojado según la variedad. Así, el peso de baya de las cepas sin deshojar se mantuvo en todos los casos por encima del de las cepas deshojadas en la variedad Graciano, y por debajo del peso de baya de las cepas deshojadas en la variedad Mazuelo. Si se observan conjuntamente las curvas del peso de baya y de la concentración de azúcares de las variedades Graciano y Mazuelo en el año 2008 puede verse que en la primera fecha de control la concentración de azúcares era la misma para todos los tratamientos, mientras que el peso de baya entre el control y la mayoría de los deshojados difería notablemente. Esta observación podría reforzar la hipótesis ya comentada de que una parte de las diferencias existentes en el peso de baya de cepas deshojadas y sin deshojar tienen origen en la división y expansión celular que tiene lugar en los 30 días que siguen a la floración.

El estudio de la evolución de la maduración de la uva ha permitido identificar un adelanto de la maduración final, tanto tecnológica, definida por el equilibrio entre azúcares y acidez, como fenólica, como consecuencia de los tratamientos de deshojado precoz, en las tres variedades, a pesar de que en enero no existían diferencias en azúcares entre tratamientos en Graciano y Mazuelo. En las tres

variedades, la curva de azúcares correspondiente al control se situó a la par o por debajo de las curvas de los tratamientos de deshojado a lo largo de todo el período de maduración evaluado. Sin embargo, las diferencias en azúcares entre el control y los tratamientos de deshojado fueron disminuyendo con el tiempo, especialmente en Graciano y Mazuelo. Por ello, si en el año 2008 la vendimia de estas dos variedades se hubiera realizado con anterioridad (entre 10-14 días antes), las diferencias en azúcares entre el control y los tratamientos de deshojado habrían sido mayores. Kliewer (1970b) también observó que los efectos de la época y de la severidad del deshojado en el peso de la baya y en la concentración de azúcares (grado Brix) en Thompson Seedless eran mayores en las primeras fechas de muestreo, y disminuían a medida que avanzaba la maduración. La reducción de la producción de uva ha sido frecuentemente asociada al incremento en la concentración de azúcares en la baya en otros estudios (Petrie y Clingeleffer, 2006; Tardáguila et al. 2008). Tal incremento puede producirse por dos mecanismos distintos: el aumento de la velocidad de acumulación de azúcares o el adelanto de la maduración. Solamente las curvas de los tratamientos de deshojado de las variedades Graciano y Mazuelo en el año 2008 mostraron un aumento inicial de la velocidad de acumulación de azúcares entre las dos primeras fechas de evaluación, para luego igualar dicha velocidad con la del tratamiento control. En Tempranillo, es posible que este aumento de la velocidad de acumulación de azúcares se haya producido con anterioridad al primer muestreo, ya que se trata de una variedad más temprana que Graciano y Mazuelo. Por tanto, el adelanto de la maduración observado en cepas deshojadas de las tres variedades parece suceder como consecuencia de un incremento inicial y bastante repentino (7-10 días) de la tasa de acumulación de azúcares, que posteriormente se iguala con la del tratamiento control.

A diferencia de los azúcares, la degradación de los ácidos málico y tartárico, así como su expresión en términos de pH y acidez total, mostró un comportamiento similar entre el control y los tratamientos de deshojado en las tres variedades. Solamente en Tempranillo, la uva de cepas deshojadas de forma mecánica presentó menor acidez que la uva de cepas deshojadas manualmente y sin deshojar. Una mayor exposición de los racimos, motivada por la posible eliminación adicional de los nietos ya brotados o emergentes en el momento del tratamiento (especialmente cuando el deshojado

mecánico se realizó en pre-floración), unida a la reducción de la producción de uva (que fue más severa en los tratamientos mecánicos) pudo haber contribuido a la mayor y más rápida degradación de los ácidos málico y tartárico observada. En este sentido, la exposición de los racimos a la luz solar y el incremento de temperatura asociado han sido descritos como dos factores fundamentales que favorecen la degradación del ácido málico en la uva (Lakso y Kliewer, 1975; Kliewer y Smart, 1989).

La acumulación de antocianos y polifenoles, que representa la madurez fenólica, se mantuvo bastante constante para todos los tratamientos (incluido el control) en Tempranillo a lo largo de todo el período de muestreo evaluado, y a partir de un punto de inflexión inicial en variedad Graciano. En Mazuelo, sin embargo, tanto el contenido de antocianos como de polifenoles correspondiente a los tratamientos de deshojado presentaron una curva creciente continua, mientras que el control mostró un crecimiento hiperbólico alcanzando una meseta o plateau en la última semana anterior a la vendimia. En general, pero principalmente en las variedades Tempranillo y Graciano, la concentración de antocianos y polifenoles de la uva de cepas sin deshojar se mantuvo por debajo de la de los tratamientos de deshojado a lo largo de todo el proceso de maduración. La mayor porosidad de la vegetación y exposición de los racimos, unida a una menor compactación de los mismos han podido favorecer la síntesis y acumulación de antocianos y otros compuestos polifenólicos que responden a la luz solar, como los flavonoles (Price et al. 1995; Haselgrove et al. 2000; Spayd et al. 2002) en la uva de las cepas sometidas a deshojado precoz.

5.3. COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE LA UVA

▪ *Componentes de la baya*

Como ya se ha matizado anteriormente, el peso de baya no se vio afectado significativamente por el deshojado precoz en la variedad Tempranillo, salvo para las cepas deshojadas mecánicamente con la deshojadora de impulsión de aire en cuajado.

Sin embargo, el deshojado precoz sí modificó el peso y la proporción de los distintos componentes de la baya, favoreciendo el mayor crecimiento de los hollejos frente al de la pulpa y las pepitas, especialmente cuando el deshojado se realizó en cuajado, y de forma mecánica. Este resultado parece reforzar el ya mencionado efecto positivo de la exposición a la luz solar y/o temperatura de los racimos causada por la defoliación, en el desarrollo celular de la baya, tanto en el pericarpio como exocarpio, que parecen ser bastante sensibles a la temperatura (Harris 1968; Kliewer 1977). El incremento en el peso y proporción de los hollejos como consecuencia del deshojado precoz fue descrito por Poni et al. (2009) en las variedades Barbera y Lambrusco. Estos autores también observaron un mayor efecto del deshojado precoz en la modificación de los componentes de la baya en la variedad Barbera, en la que el peso y proporción de las pepitas aumentó y la proporción de pulpa disminuyó, que en la variedad Lambrusco, donde ni las pepitas ni la pulpa se vieron alteradas en proporción y peso respecto al control.

La segregación de los pesos de baya en diferentes categorías permitió, en primer lugar, identificar cambios en la distribución del peso de baya (cuyo valor medio no mostró en general diferencias) entre los diferentes tratamientos de deshojado y el control. Se observó un incremento de la dispersión de la distribución del peso de baya en los tratamientos de deshojado mecánicos y manual de 8 hojas en cuajado. Para estos tratamientos alrededor del 40% de las bayas pesaron más de 2 g. Esta mayor heterogeneidad y ensanchamiento de la distribución de peso de baya como consecuencia del deshojado precoz mecánico y en cuajado no parece fácilmente explicable. Los ya citados efectos antagónicos de la limitación de carbohidratos, restringiendo el crecimiento celular, el crecimiento compensatorio de la baya por efecto de una mayor actividad fotosintética y translocación de carbohidratos hacia los racimos, y la mayor exposición de éstos a la luz solar causando un aumento de su temperatura, todo ello consecuencia de una defoliación temprana, podrían verse más o menos potenciados según la severidad del deshojado y de la reducción de la producción. La variabilidad del peso y tamaño de la baya, incluso dentro de un mismo racimo es un hecho constatado (Trought et al. 1997; Glynn 2002; Tarter y Keuter, 2005), cuya explicación a nivel fisiológico o molecular no está del todo establecida y

parece depender de múltiples factores, tales como el clon, la variedad y el microclima del racimo.

Las correlaciones globales entre el peso de los diferentes componentes de la baya y el peso de ésta presentaron una elevada dispersión (en forma de nube de puntos) cuando los parámetros representados fueron el peso de los hollejos, el peso de las pepitas y la ratio hollejo/pulpa. El estudio de las correlaciones entre el peso y/o proporción de los distintos componentes de la baya y el peso de baya para las distintas categorías de peso de baya establecidas permitió clarificar las nubes de puntos obtenidas en las correlaciones globales. El peso de los hollejos mostró una correlación positiva con el peso de baya para todos los tratamientos, de forma análoga a lo observado por Roby y Matthews, (2004) en un estudio sobre déficit hídrico en Cabernet Sauvignon, y por Poni et al. (2009) en Barbera y Lambrusco. En estos dos trabajos se postuló un crecimiento coordinado de la pulpa y de los hollejos, ya que la proporción de hollejos se mantuvo prácticamente inalterada para categorías de peso entre 0.6-1.6 g en Cabernet Sauvignon y entre 1.8-2.7 g en Barbera y Lambrusco. Sin embargo, en el presente estudio realizado en Tempranillo, la proporción de hollejos se mantuvo constante para el control en el rango de 1.2-1.8 g de peso de baya pero disminuyó (en este mismo rango) en los tratamientos de deshojado precoz. En cualquier caso, el deshojado precoz, especialmente realizado mecánicamente, parece haber conducido a un incremento en el peso y la proporción de hollejos en la baya, con independencia del tamaño final de la misma. A este respecto, el efecto positivo de la repentina y duradera exposición de los racimos a la luz y/o temperatura en el desarrollo del hollejo parece prevalecer sobre la inhibición derivada de la limitación de carbohidratos por el deshojado (Poni et al. 2009). Asimismo, Caporali et al. (2005) observaron un mayor número de capas celulares en los hollejos de bayas de Barbera de cepas deshojadas al inicio del cuajado, que en los hollejos de bayas de Barbera de cepas sin deshojar. Este hecho podría estar relacionado con la mayor resistencia a las quemaduras solares de las bayas cuando el deshojado se realizaba más tempranamente, en un estudio sobre la época de defoliación (Mescalchin et al. 2008). A diferencia de los resultados presentados por Poni et al. (2009), el peso de las pepitas también se correlacionó positivamente con el peso de baya en todos los tratamientos,

confirmando lo observado por Petrie et al. (2000) y Roby y Matthews (2004), pero no se encontraron diferencias debidas al deshojado precoz. La ratio hollejo/pulpa también mostró una tendencia decreciente con el peso de baya, pero al igual que la proporción de hollejos, fue mayor en los tratamientos de deshojado que en el control, especialmente para el deshojado mecánico en cuajado. Por otro lado, Walker et al. (2005) no observaron diferencias en la ratio hollejo/pulpa debidas al tamaño de baya en un estudio comparativo entre plantación con portainjerto o con pie franco en la variedad Shiraz.

▪ ***Composición físico-química de la uva: azúcares y acidez en vendimia***

El equilibrio entre azúcares y acidez en la uva es uno de los factores determinantes de la fecha de vendimia y un aspecto importante en la valoración de la calidad de la uva (Boulton et al. 1998).

El deshojado precoz indujo un incremento significativo de los azúcares en la uva en todos los tratamientos en Tempranillo y tuvo un efecto más moderado en la uva de las variedades Graciano y Mazuelo, en las que solamente los tratamientos en pre-floración provocaron el aumento del contenido en azúcares en el año 2009. La reducción de la producción de uva y la modificación del microclima de la canopy, provocados por el deshojado precoz podrían ser las primeras razones a esgrimir para explicar tales resultados. Sin embargo, existen evidencias considerables que sugieren que la composición de la uva puede ser relativamente insensible a las variaciones en el rendimiento productivo (Ough y Nagaoka, 1984; Bravdo et al. 1985; Keller y Hrazdina, 1998; Keller et al. 1998, 2005), y que la respuesta puede depender más en cómo y cuándo se llevó a cabo dicha variación en la producción (Chapman et al. 2004). Por otro lado, la mejora del microclima de los racimos mediante eliminación de hojas no parece estar directamente asociada al incremento del contenido en azúcares en la uva, pudiendo incluso registrarse una disminución de los mismos (May et al. 1969; Kliewer y Antcliff, 1970; Koblet et al. 1994; Bledsoe et al. 1998; Vasconcelos y Castagnoli, 2000; Petrie et al. 2000b). De hecho, la eliminación de fuentes de carbohidratos como son las hojas, y el aumento del contenido en azúcares en la baya puede parecer paradójico. Sin embargo, el deshojado precoz también causó un incremento en el contenido en

sólidos solubles en Sangiovese (Poni et al. 2006; Intrieri et al. 2008), Barbera (Guidoni et al. 2008; Poni et al. 2009), Trebbiano (Poni et al. 2006) y Lambrusco (Poni et al. 2009). Son varios los factores que pueden justificar este fenómeno. En primer lugar, el deshojado precoz originó una ratio hoja/fruto similar o superior en muchos casos a la del control. Ello implica que la reducción de la producción inducida por los tratamientos de deshojado fue igual o mayor en proporción que la restricción en la superficie foliar ocasionada por la defoliación. En la variedad Tempranillo, otro mecanismo que ha podido contribuir a mantener o incrementar la ratio hoja/fruto en las cepas deshojadas es la tendencia a promover la brotación y crecimiento de los nietos, como estrategia de la planta para contrarrestar la superficie foliar eliminada. La importancia de los nietos como exportadores netos de carbohidratos ha sido ampliamente contrastada (Candolfi-Vasconcelos et al. 1994; Vasconcelos y Castagnoli, 2000; Palliotti et al. 2000). Para verificar la influencia de la ratio SFT/P y el incremento en el contenido de azúcares observado en las bayas correspondientes a los diferentes tratamientos de deshojado en la variedad Tempranillo, se representaron ambos parámetros obteniéndose una correlación positiva y lineal significativa para $p < 0.001$ ($r^2 = 0.746$). En las variedades Graciano y Mazuelo, los efectos más moderados en el contenido en azúcares parecen reflejar las moderadas variaciones en la ratio SFT/P observadas.

El segundo factor que puede haber contribuido a una mejora en el contenido en azúcares como consecuencia del deshojado precoz radica en la capacidad de compensación fotosintética de las hojas que se mantienen en la cepa, descrita por varios autores (Candolfi-Vasconcelos y Koblet, 1991; Poni y Giachino, 2000; Petrie et al. 2003; Poni et al. 2006; Poni et al. 2008). A este respecto Poni et al. (2008) estudiaron el efecto del deshojado precoz en la capacidad de intercambio de gases de la cepa y la composición de la uva en la variedad Sangiovese. Estos autores observaron que la eliminación manual de las seis primeras hojas basales en pre-floración condujo a una reducción de la fotosíntesis del 9 % respecto al control, mientras que la producción de uva disminuyó un 38 %, pero el resultado final fue un incremento de los azúcares en la baya. Intrieri et al. (1997) concluyeron que una cepa era capaz de mantener su tasa fotosintética global incluso cuando se había eliminado el 27% de su superficie foliar. El

efecto compensatorio en la capacidad fotosintética parece suceder muy pronto tras el deshojado y alcanzar un pico a los 15 días de la defoliación (Poni et al. 2008). Además, la respuesta fotosintética compensatoria parece desencadenarse en mayor o menor medida solamente si se compromete notablemente la relación hoja/fruto (Candolfi-Vasconcelos et al. 1994), por lo que es posible que en ocasiones se produzca un incremento en la actividad fotosintética de las hojas pero que no llegue a compensar totalmente la eliminación de las hojas (Petrie et al. 2000a, 2003). Esto puede haber sucedido en algunos tratamientos en las variedades Graciano y Mazuelo.

El tercer factor que podría ayudar a explicar el incremento del contenido en azúcares en la uva es el hecho de que el deshojado precoz alrededor de los racimos podría haber acelerado la translocación de carbohidratos hacia el racimo. Diversos estudios llevados a cabo con $^{14}\text{CO}_2$ han demostrado una mayor translocación de carbohidratos desde la zona apical hacia la base del pámpano (Quinlan y Weaver, 1970) y desde el tronco y las raíces hacia los racimos (Candolfi-Vasconcelos et al. 1994) en cepas deshojadas.

El efecto del deshojado precoz sobre la acidez fue más heterogéneo y dependiente de la variedad y del año. En Tempranillo en ambos años y en Graciano en el 2009, la acidez disminuyó como consecuencia de la defoliación, manifestándose en un incremento del pH, un descenso de la acidez total y de la concentración de ácido tartárico, mientras que la concentración de ácido málico se mantuvo inalterada (Tempranillo) o disminuyó (Graciano). Por el contrario, en la variedad Mazuelo, en el año 2008 solamente la concentración de ácido málico se redujo en los tratamientos de deshojado precoz, mientras que el resto de parámetros de acidez evidenciaron un incremento de la misma frente al control. En la variedad Mazuelo, el incremento en la acidez total y la concentración de ácido tartárico, unido al descenso del pH en la uva provocada por el deshojado precoz en un año fresco y húmedo (2008) junto a la ausencia de efecto en la acidez observada en el año 2009 (muy seco y caluroso), parece ser un resultado muy positivo, de especial interés en referencia al adelanto de la maduración inducida por el calentamiento global y el cambio climático, a pesar de que el Mazuelo es una variedad tardía. Diferentes interacciones entre genotipo y

entorno en parámetros de acidez como pH y acidez total también han sido descritos por Bavaresco et al. (2008) en Barbera, Croatina y Malvasía, en un ensayo de deshojado clásico (en enero) durante cuatro años y por Guidoni et al. (2008) en Barbera en un ensayo de deshojado precoz durante tres años.

La reducción de la concentración de ácido málico en Graciano y Mazuelo, principalmente cuando la defoliación se llevó a cabo en cuajado, es coherente con el incremento de la exposición de los racimos observada en las cepas deshojadas y el implícito aumento de la temperatura de las bayas, favoreciendo la degradación del ácido málico (Lakso y Kliewer, 1975; Kliewer y Smart, 1989). Es posible que la diferencia de temperatura de los racimos entre los tratamientos de deshojado precoz y el control no fuera suficiente como para provocar una degradación diferencial del ácido málico en la variedad Tempranillo, dando lugar a la ausencia de este efecto en esta variedad.

La respuesta del ácido tartárico a la defoliación temprana también varió según el genotipo. Así, la concentración de ácido tartárico disminuyó o se mantuvo inalterada en Tempranillo y Graciano, y no se vio afectada o aumentó en Mazuelo. El incremento en la concentración de ácido tartárico en bayas correspondientes a cepas deshojadas, observado en Mazuelo coincide con los resultados descritos por Poni et al. (2006) en la variedad Trebbiano y sustenta la hipótesis de que el repentino aumento de la exposición solar y por tanto, de la temperatura, causado por el deshojado precoz puede conducir a una mayor síntesis, in situ, de ácido tartárico. En este sentido, Kliewer y Schultz (1964) han descrito una mayor incorporación de $^{14}\text{CO}_2$ en la síntesis de ácido tartárico en bayas expuestas completamente a la luz solar respecto a bayas sometidas a distintas condiciones de sombreado. Sin embargo, el efecto del genotipo, unido a variaciones en la porosidad de la canopy, parecen jugar un papel fundamental en esta respuesta fisiológica y podrían en cierto modo explicar los efectos opuestos observados en la concentración de ácido tartárico en cepas deshojadas de las tres variedades. A este respecto, la exposición de los racimos y sobre todo, la porosidad de la canopy, fue mayor en las cepas deshojadas en la variedad Mazuelo que en las de Tempranillo y Graciano.

La época de deshojado no tuvo un efecto marcado en el contenido de azúcares en Tempranillo, pero sí en las variedades Graciano y Mazuelo, en las que el deshojado en pre-floración indujo un incremento mayor que el deshojado en cuajado. En cuanto a la acidez, también se observaron algunas diferencias según la variedad.

En términos generales, la defoliación mecánica afectó en mayor medida, tanto el contenido en azúcares como la acidez, que la defoliación manual en las tres variedades. Los mayores valores de la ratio SFT/P observados para los tratamientos mecánicos podrían explicar este comportamiento. Se observaron diferencias significativas entre las máquinas deshojadoras, que podrían estar relacionadas con su modo de operación. Por otro lado, la velocidad de trabajo no influyó prácticamente en el equilibrio azúcares-acidez de la uva, salvo en el pH, que fue mayor cuando el deshojado se realizó a la menor velocidad de trabajo.

La comparación entre el deshojado y el aclareo manual de racimos también reveló diferencias en función de la variedad. Así, el contenido en azúcares en la uva fue similar para ambas técnicas en Tempranillo y Mazuelo, y mayor en las bayas de cepas deshojadas en la variedad Graciano. En cuanto a la acidez, el deshojado precoz no causó un efecto constante en el pH y la concentración de ácido tartárico en las tres variedades respecto al aclareo manual, corroborando las discrepancias ya observadas para estos parámetros entre el deshojado precoz y el control en las distintas variedades y años de estudio.

▪ ***Color y polifenoles***

El deshojado precoz indujo un aumento del color (expresado en antocianos) y de los polifenoles totales en la uva en las tres variedades estudiadas. La importancia del color y del contenido de polifenoles en uva está ampliamente reconocida, como lo demuestra el gran número de trabajos de investigación que suscitan y que recientemente han sido revisados por Kennedy et al. (2006). Los compuestos fenólicos son responsables del color y de las propiedades organolépticas de los vinos, y su concentración en la baya se correlaciona intrínsecamente con su concentración en el

vino (Iland, 1987; Jensen et al. 2008) y la calidad final del mismo (Somers y Evans, 1974; Jackson et al. 1978; Francis et al. 1998).

El incremento del color y de los polifenoles en uva como consecuencia del deshojado precoz también ha sido observado por otros autores en Sangiovese (Poni et al. 2006, Intrieri et al. 2008), y Barbera (Poni et al. 2009). El aumento de la porosidad de la canopy, mejorando la exposición de los racimos ha podido contribuir a este efecto. Como consecuencia de una mejor exposición a la luz solar, la temperatura de los racimos aumenta (Smart y Sinclair, 1976). Estos autores describieron que las bayas expuestas en racimos compactos o sueltos, estaban hasta a 12.4 y 11.1 °C, respectivamente, por encima de la temperatura ambiente. Kliewer y Lider (1968) también observaron un incremento de 5-10 °C en las hojas y racimos expuestos frente a las hojas y racimos sombreados en Thompson Seedless. Haselgrove et al. (2000) registraron diferencias de hasta 10 °C entre las temperaturas de bayas de Shiraz expuestas y sombreadas. El efecto de la luz y la temperatura en la síntesis y acumulación de antocianos y polifenoles es un fenómeno complejo y ampliamente abordado en la bibliografía, con resultados discrepantes. Así, mientras algunos autores han observado que una baja exposición a la luz solar reducía la acumulación de antocianos y otros flavonoles en la baya (Wicks y Kliewer, 1983; Dokoozlian y Kliewer, 1996; Tarara et al. 2008), otros estudios no revelaron cambios en el contenido en antocianos como respuesta a un sombreadamiento, mientras que en otros trabajos una elevada exposición a la luz condujo a una disminución en los niveles de antocianos (Hunter et al. 1995; Bergqvist et al. 2001; Spayd et al. 2002). En otros casos, no se observaron cambios en el contenido total de antocianos, pero sí en su perfil composicional y porcentaje (Price et al. 1995; Haselgrove et al. 2000; Spayd et al. 2002, Downey et al. 2004a; Cortell y Kennedy, 2006; Tarara et al. 2008). La separación de los efectos debidos a la luz y a la temperatura en la composición fenólica de la baya no es sencilla, porque muchas de las rutas metabólicas de síntesis de estos compuestos son sensibles a ambos factores (Spayd et al. 2002). En general, se coincide en que un incremento de la luz favorece la acumulación de polifenoles en la baya, principalmente los antocianos y flavonoles, siendo el efecto más acusado en este grupo, con incrementos de hasta diez veces la concentración en las bayas en sol respecto a las de

sombra (Price et al. 1995; Haselgrove et al. 2000; Spayd et al. 2002; Tarara et al. 2008). Los antocianos, presentes en las primeras seis capas celulares de la epidermis (Hrazdina y Moskowitz, 1982), y los flavonoles, considerados protectores solares naturales de la baya y sintetizados en las vacuolas de las capas más externas de la epidermis (Downey et al. 2006) comparten ruta de biosíntesis en la que la enzima Fenilalanina Amonio Liasa (PAL) juega un papel regulador fundamental (Downey et al. 2003). Esta enzima es sensible a la luz y su actividad se ve favorecida por ésta, por lo que un incremento de la exposición redundaría en una mayor síntesis de flavonoides (Hunter et al. 1991). Además, Downey et al. (2004a) describieron que el contenido en flavonoles en bayas que no estaban expuestas a la luz era prácticamente despreciable. Sin embargo, cuando dichas bayas se expusieron a la luz solar, el contenido en flavonoles creció rápidamente observándose un aumento en la expresión del gen que codifica la síntesis de estos compuestos (Downey et al. 2004b).

En uno de los trabajos diseñados para separar los efectos de la luz y la temperatura en la acumulación de antocianos, Bergqvist et al. (2001) realizaron un seguimiento exhaustivo de ambos factores en bayas de Cabernet Sauvignon y Garnacha. Estos autores observaron que la acumulación de antocianos aumentaba con el incremento de luz hasta los 100 mmol/m²/s en la cara norte de la espaldera (zona de sombra). Sin embargo, en la cara sur (zona soleada), cuando la exposición excedía de 100 mmol/m²/s disminuía la acumulación de antocianos en las dos variedades. Spayd et al. (2002) provocaron un calentamiento artificial de los racimos en sombra y un enfriamiento de los racimos en sol en la variedad Merlot. Los resultados revelaron que el enfriamiento de los racimos expuestos causaron un incremento en la concentración de antocianos en los frutos, mientras que el calentamiento de los racimos en sombra resultaron en una reducción de los niveles de antocianos, demostrando que la acumulación de antocianos depende más de la temperatura que de la exposición. En el mismo sentido se expresaron Haselgrove et al. (2000), quienes afirmaron que si las condiciones de luz dentro de una canopy son tales que los racimos reciben luz suficiente, pero de intensidad moderada, la luz no es un factor limitante en la síntesis de antocianos. Sin embargo, sí parece serlo la temperatura (Mabrouk y Sinoquet, 1998), ya que los enzimas que participan en la ruta biosintética de los antocianos

parecen funcionar óptimamente en un rango concreto de temperatura, que según Pirie (1977) estaría entre 17-26 °C. Un estudio realizado por Kliewer y Torres (1972) demostró que temperaturas de 15 °C durante el período de maduración tras el envero, mejoró el desarrollo del color en bayas de Cardinal, Pinot Noir y Tokay, mientras que temperaturas de 35 °C redujeron significativamente e incluso llegaron a inhibir la síntesis de antocianos. En otro estudio realizado por Buttrose et al. (1971) en bayas de Cabernet Sauvignon, se observó que el desarrollo del color era mayor cuando la temperatura se mantuvo a 20 °C que a 30 °C. Además, se ha observado que el efecto de la temperatura en la síntesis de antocianos depende también de la variedad (Kliewer y Torres, 1972). De este modo, para temperaturas diurnas entre 30-35 °C, la síntesis de antocianos en bayas de Pinot Noir no se vio afectada, mientras que en la variedad Cardinal, dicha síntesis prácticamente se inhibió. Haselgrove et al. (2000) también mostraron que en climas cálidos, con temperaturas alrededor de 35 °C, una elevada exposición solar no conducía a una óptima acumulación de antocianos en bayas de la variedad Shiraz, debido a la inhibición de la síntesis de antocianos y/o al incremento de la degradación de los mismos. Del mismo modo, Spayd et al. (2002) postularon que la temperatura crítica para la acumulación neta de antocianos en la variedad Merlot puede estar en el rango entre 30-35 °C.

Un exceso de temperatura vinculado a una mayor exposición de los racimos podría haber causado la ausencia de efecto del deshojado precoz en la acumulación de antocianos y polifenoles en estudios de deshojado precoz en Sangiovese (Poni et al. 2008) y de deshojado clásico en Cabernet Sauvignon (Hunter et al. 1991) y Barbera (Guidoni et al. 2008). En el presente trabajo, el incremento de la exposición de los racimos debido al deshojado precoz no parece haber dado lugar a temperaturas críticas que hubieran comprometido la síntesis de antocianos en las bayas de las tres variedades estudiadas. Por otro lado, es importante recordar que nuestras experiencias se han llevado a cabo en una zona fresca (La Rioja Alta). Tanto en Tempranillo como en Mazuelo, en general tanto el contenido como la concentración de antocianos y polifenoles aumentaron debido al deshojado precoz, mientras que en Graciano el incremento se observó principalmente en concentración. El menor peso de

baya observado en esta variedad ha podido contribuir a este comportamiento. Sin embargo, no parece ser el único efecto, tal y como han demostrado Caporali et al. (2005) y Poni et al. (2009) quienes observaron un incremento en el peso y proporción de los hollejos de la baya con independencia del tamaño de la misma. En el año 2007, se estudió el contenido y la concentración de antocianos y polifenoles en la variedad Tempranillo para las diferentes categorías de peso de baya establecidas. Se observó que el aumento del peso de baya llevaba asociado un incremento en el contenido de antocianos y polifenoles. Además, excepto para las bayas correspondientes a la clase con marca 1.33 g, todos los tratamientos de deshojado mostraron niveles mayores de antocianos y polifenoles (tanto en contenido como en concentración) que el control. Estos resultados concuerdan con el incremento en la proporción de hollejos observado en las bayas de Tempranillo de cepas deshojadas alrededor de la floración.

Por otro lado, el efecto del deshojado precoz sobre la acumulación de antocianos y polifenoles en las bayas, parece responder más a una modificación del microclima de los racimos, que a un efecto global sobre la ratio hoja/fruto de la cepa, ya que a pesar de la ausencia de efecto sobre la ratio SFT/P en el año 2008 en las variedades Graciano y Mazuelo, la concentración de antocianos y polifenoles aumentó significativamente en ambas variedades debido al deshojado precoz. Sin embargo, la porosidad de la canopy y la exposición de los racimos aumentaron en las cepas defoliadas de las dos variedades en dicho año.

En general, la época de deshojado no indujo diferencias significativas en la acumulación de antocianos y polifenoles en Tempranillo y solamente se observaron incrementos en las bayas de cepas deshojadas en pre-floración en Graciano y Mazuelo para alguno de los parámetros estudiados, frente a las bayas de cepas deshojadas en cuajado. Estos resultados parecen reforzar la hipótesis anterior (el color y polifenoles están más ligados al microclima del racimo y de la canopy que no a la producción de uva por cepa), ya que en el cuajado no hubo reducción de la producción de uva mientras que el color sí aumentó.

El modo de ejecución del deshojado no afectó significativamente la acumulación de antocianos y polifenoles en Graciano y Mazuelo, pero sí lo hizo en Tempranillo, observándose niveles superiores de ambos en las bayas de cepas deshojadas mecánicamente. Además, el tipo de deshojadora no provocó diferencias significativas en el año 2007, pero sí lo hizo en el año 2008, observándose mayores contenidos en antocianos y polifenoles en las bayas de Tempranillo de cepas deshojadas con la máquina de impulsión de aire que con la de aspiración y corte. La velocidad de trabajo también influyó significativamente en la acumulación de antocianos, cuyos niveles mayores se encontraron en las bayas de cepas deshojadas mecánicamente a la velocidad de 0.5 km/h. Los deshojados llevados a cabo a 2 y 3 km/h no presentaron diferencias en el contenido de antocianos y polifenoles respecto al control. Las diferencias en la exposición de los racimos y la porosidad de la vegetación entre los diferentes tratamientos de deshojado podrían explicar estos efectos.

▪ ***Monómeros fenólicos en uva***

La evaluación espectrofotométrica de los extractos de uva de las variedades a estudio permitió determinar los niveles de antocianos y polifenoles totales en los mismos y comparar dichos valores para los diferentes tratamientos de deshojado y el control. Sin embargo, en la variedad Tempranillo se realizó también un estudio detallado del impacto del deshojado precoz en los principales monómeros fenólicos en los extractos de uva, divididos en distintos grupos: flavanoles, ácidos hidroxicinámicos, estilbenos, flavonoles y antocianos, mediante cromatografía líquida (HPLC) y espectrofotometría UV-VIS.

Ácido gálico y (+)-catequina

El deshojado precoz no afectó significativamente la concentración de ácido gálico ni de (+)-catequina en la uva de Tempranillo. El ácido gálico es el más importante de los ácidos hidroxibenzoicos, y generalmente se encuentra en concentración baja (1-2 mg/l) en mosto, aumentando si se tiene en contacto con las pepitas y los hollejos (Singleton y Trousdale, 1983), como es el caso en este trabajo. Los flavanoles son un grupo importante de flavonoides monómeros y los dos compuestos más significativos son la (+)-catequina y la (-)-epicatequina. Ambos flavanoles se encuentran

habitualmente en cantidades similares en la uva (en el hollejo y las pepitas), que varían según la variedad, pero que en bayas maduras de *Vitis vinifera* pueden alcanzar los 500 mg/kg de peso fresco de uva (Boulton et al. 1998). En el presente trabajo solamente se identificó la (+)-catequina en las bayas de Tempranillo, en concentraciones inferiores a las descritas por Boulton et al. (1998). Cortell y Kennedy (2006) estudiaron el efecto del sombreado en la acumulación de diversos compuestos pertenecientes al grupo de los flavonoides, como los flavanoles y las proantocianidinas, que pueden definirse como polímeros de cadena corta formados por unidades monómero de flavanoles. Estos autores observaron un descenso de los flavanoles monómero y de las proantocianidinas en pepitas de bayas de Pinot Noir como respuesta a un incremento de la exposición a la luz solar. Por el contrario, la mayor exposición causó un aumento en la concentración de proantocianidinas en los hollejos de las mismas bayas de Pinot Noir. Los genes que codifican para la síntesis de proantocianidinas tienen diferentes patrones de expresión en las pepitas que en el hollejo, de ahí que su respuesta frente a cambios en la exposición solar sea diferente. En el presente trabajo, los extractos analizados mediante cromatografía eran extractos de uva, incluyendo hollejos, pulpa y pepitas, por lo que es posible que los efectos provocados por diferencias en la exposición a la luz solar derivadas de la defoliación se hayan visto enmascarados por la concentración en las pepitas y los hollejos, dando lugar a la ausencia de diferencias significativas observada entre los tratamientos de deshojado y el control.

GRP, ácidos hidroxicinámicos y resveratrol

Aparte del ácido gálico, del GRP (2-S-glutationil-cafeoiltartárico) y del resveratrol, que pertenece al grupo de los estilbenos, el principal grupo fenólico no flavonoide es el que engloba a los ácidos hidroxicinámicos, que se encuentran tanto en la pulpa como en el hollejo de la baya. Las cantidades de GRP y de los ácidos hidroxicinámicos y sus derivados con ácido tartárico encontradas en los extractos de uva fueron tan bajas que su identificación y cuantificación no fue posible en todos los casos en ambos años. Las concentraciones de ácidos hidroxicinámicos y sus ésteres en uva varían con la variedad y con la conformación *cis*- o *trans*- de los mismos (Singleton et al. 1986). En los extractos de Tempranillo, el hidroxicinamato mayoritario encontrado fue el *cis*-caftárico. Dicho resultado contrasta con el descrito por Gómez-Alonso et al. (2007),

quienes observaron mayores concentraciones de los isómeros *trans*- tanto de caftárico como de cutárico en extractos de hollejos y vinos en la variedad Tempranillo.

El deshojado precoz no indujo cambios significativos en las concentraciones de GRP, ni de los ácidos hidroxicinámicos a nivel individual. Sin embargo, como conjunto, el deshojado realizado en cuajado indujo un descenso notable de la concentración de ácidos hidroxicinámicos respecto al control. Asimismo, el aclareo manual también pareció inducir mayores concentraciones de *cis*-caftárico y de ácidos hidroxicinámicos totales en la uva que los tratamientos de deshojado precoz. Singleton et al. (1978) observaron fenómenos de isomerización de *trans*- a *cis*- en estos compuestos como respuesta a una exposición a la radiación UV pero no mencionaron cambios en la concentración total de estos compuestos. Los ácidos hidroxicinámicos son especialmente susceptibles a la oxidación por enzimas presentes en la uva como la polifenoloxidasas y la tirosinasa. La actividad de estas dos enzimas es sensible a la temperatura y es posible que las reducciones observadas en este grupo de compuestos en algún tratamiento de deshojado precoz sean debidas a fenómenos oxidativos enzimáticos.

El resveratrol es un compuesto fenólico perteneciente al grupo de los estilbenos, especialmente considerado por sus propiedades funcionales para la salud, como antioxidante, anticancerígeno y protector cardiovascular (Frankel et al. 1993; Mazza y Miniati, 1993; Finkel 1998; Girard y Mazza, 1998). En la uva se presenta en sus dos isómeros *cis*- y *trans*- como forma libre, y también conjugado con un grupo glucósido (3- β -glucósido de resveratrol), también conocido como piceido (Mattivi et al. 1995). En el presente trabajo, el deshojado precoz indujo una disminución en la concentración de *trans*- resveratrol en la uva de Tempranillo solamente cuando se realizó en cuajado. El deshojado alrededor de los racimos realizado en enero no afectó la concentración de *trans*-resveratrol en bayas de Barbera, pero sí la redujo en bayas de Croatina y Malvasia di Candia aromática (Bavaresco et al. 2008), especialmente en los años más frescos. Estos autores no observaron efectos en la concentración de estilbenos en las bayas en años cálidos y secos, pero sí en los años más frescos y húmedos. El resveratrol junto a otros compuestos del grupo de los estilbenos han sido calificados

de fitoalexinas, y su síntesis se ve potenciada en presencia de ataques fúngicos como la *Botrytis cinerea* (Langcake y Pryce, 1976), el mildiu (Langcake, 1981) o el oidio (Langcake y Pryce, 1976), entre otros. El año 2008 se caracterizó por ser un año fresco y húmedo, en el que la incidencia de *Botrytis* fue superior a la del año 2007 y muy superior en las bayas del control frente a las bayas de los tratamientos de deshojado precoz. El descenso en *trans*-resveratrol observado en los extractos de uva correspondientes a los tratamientos realizados en cuajado podría estar parcialmente ligado a la menor incidencia de *Botrytis* respecto al control. Sin embargo, este no sería el único factor, ya que la incidencia de *Botrytis* disminuyó también en la uva de los tratamientos realizados en pre-floración y en cambio la concentración de *trans*-resveratrol no se redujo frente al control. Otra posibilidad sería que parte del *trans*-resveratrol en los extractos de uva de los tratamientos de deshojado en cuajado se encuentre combinado en forma de *trans*-piceido, que no ha sido identificado y cuantificado en el presente estudio.

Flavonoles

Como se ha mencionado anteriormente, los flavonoles son unos compuestos fenólicos del grupo de los flavonoides, sintetizados en las capas más externas de la epidermis de los hollejos, que en la uva se encuentran principalmente sustituidos por diferentes grupos glicósidos (Price 1994). Entre las muchas funciones biológicas que se les asignan, su actuación como protectores solares naturales de los tejidos de la planta frente a la radiación UV es una de las más importantes y conocidas (Flint et al. 1985). Por ello, su respuesta frente a diferentes condiciones de exposición a la luz solar ha sido estudiada por varios autores (Price et al. 1995; Haselgrove et al. 2000; Spayd et al. 2002; Downey et al. 2003; Cortell y Kennedy 2006; Tarara et al. 2008). Además, bastante recientemente se ha averiguado que la síntesis de flavonoles tiene lugar fundamentalmente en dos períodos: cuajado y a partir del envero (Downey et al. 2003) por lo que la manipulación de las condiciones del viñedo en cualquiera de estos dos momentos puede tener efectos significativos en la síntesis y acumulación de flavonoles. En este sentido, el deshojado precoz como técnica capaz de modificar el microclima de los racimos, favoreciendo la exposición de los mismos indujo un incremento de la concentración de los glicósidos de quercetina y de los flavonoles

totales respecto al control, aunque solamente en el año 2008, en las bayas de Tempranillo. De forma análoga, Price et al. (1995) observaron un aumento de la concentración de glicósidos de quercetina (de hasta 10 veces) en hollejos de Pinot Noir a medida que aumentaban la exposición de los racimos a la luz solar. Similares incrementos en la concentración de glicósidos de quercetina en la uva fueron descritos por Haselgrove et al. (2000) en tres experimentos diferentes para modificar la exposición a la luz solar de los racimos, incluyendo uno de deshojado de la zona basal del pámpano, en la variedad Shiraz. Estos autores obtuvieron una correlación positiva significativa ($r^2= 0.83$; $p=0.03$) entre la exposición de los racimos y la concentración de quercetina-O-glucósido. También Spayd et al. (2002) y Tarara et al. (2008) registraron incrementos significativos de la concentración de glicósidos de quercetina y de otros flavonoles, como kaempferol y miricetina, como respuesta a una mayor exposición solar, en bayas de Merlot. A diferencia de los antocianos, la respuesta de los flavonoles a la exposición solar parece ser más específica para la luz y no tan dependiente del incremento de temperatura. Spayd et al. (2002) utilizaron barreras de radiación UV en un estudio en bayas de Merlot y observaron que dichas barreras prácticamente no afectaban la concentración de los antocianos monómeros en el hollejo, mientras que la concentración individual y total de glicósidos de quercetina, kaempferol y miricetina disminuyeron significativamente. Resultados similares fueron descritos por Tarara et al. (2008) también en bayas de la variedad Merlot. Estos autores observaron que a una temperatura dada, el aumento de la luz solar favorecía significativamente la síntesis y acumulación de quercetina-O-glucósido, pero en este caso no provocaba tal efecto en el kaempferol-O-glucósido. En este mismo estudio, bajo unas condiciones de luz solar equivalentes, no se observó relación aparente entre la temperatura del racimo y la concentración de glicósidos de flavonoles en la uva. La ausencia de efecto de la temperatura en la síntesis de flavonoles también fue descrita por Spayd et al. (2002).

Si se comparan las concentraciones de flavonoles totales en la baya entre los dos años de estudio, puede observarse que la síntesis y acumulación de estos flavonoides se vio más favorecida en el año 2007 que en el 2008. Las diferencias climatológicas, principalmente de radiación solar y precipitaciones observadas entre los dos años podrían explicar este resultado. Por otro lado, los valores de flavonoles totales en las

bayas de Tempranillo en este trabajo fueron similares a los descritos en Shiraz por Haselgrove et al. (2000), quienes obtuvieron concentraciones de 0.065 mg/g de baya, y por Downey et al. (2003) en Shiraz y Chardonnay (0.034 ± 0.001 mg/g baya y 0.031 ± 0.001 mg/g baya, respectivamente).

Del conjunto de flavonoles existentes en la naturaleza, los glicósidos de quercetina, principalmente la quercetina-O-glicósido y la quercetina-O-glucurónido suelen ser los mayoritarios en un buen número de variedades de uva (Cheynier y Rigaud, 1986; Price et al. 1995; Downey et al. 2003). Además, estos dos glicósidos de quercetina pueden aparecer co-eluidos en ciertas condiciones cromatográficas de separación, como han descrito Haselgrove et al. (2000) y como también ha sucedido en el presente trabajo. Cuando esto sucede, algunos autores han sugerido que el 60% del área de pico corresponde a la quercetina-O-glicósido, que sería el flavonol mayoritario (Hmamouchi et al. 1996). A diferencia de otras variedades, el flavonol mayoritario en la variedad Tempranillo, parece ser la miricetina-O-glicósido, seguida de la quercetina-O-glicósido y la quercetina-O-glucurónido (Hermosín-Gutiérrez et al. 2005; Gómez-Alonso et al. 2007). En los extractos de uva de Tempranillo analizados en este trabajo, la miricetina-O-glicósido fue el flavonol mayoritario en el año 2007 y se mantuvo en niveles similares al resto de glicósidos de quercetina en el año 2008.

Aparte de los compuestos denominados polifenol I y II, cuya naturaleza no está clara, solamente se han encontrado flavonoles sustituidos con grupos glicosídicos en los extractos de uva de Tempranillo. Este resultado es coherente con la ausencia de flavonoles agliconas en bayas de Shiraz y Chardonnay (Downey et al. 2003) y de Tempranillo (Gómez-Alonso et al. 2007). Cheynier et al. (1998) postularon que en la uva, los flavonoles solamente se encuentran en forma de glicósidos.

La época y el modo de ejecución del deshojado precoz no afectaron de forma significativa la concentración a nivel individual ni en conjunto de los flavonoles en las bayas de Tempranillo. Posiblemente las condiciones de exposición de los racimos en los distintos tratamientos de deshojado hayan sido suficientes y no limitantes como para no inducir diferencias en la concentración de flavonoles.

Respecto al aclareo manual de racimos, las bayas correspondientes a cepas sometidas a esta técnica mostraron diferencias en la concentración de flavonoles respecto a las bayas correspondientes a los tratamientos de deshojado precoz en el año 2008, en el que mostraron niveles inferiores tanto de los dos glicósidos principales de quercetina como de flavonoles totales. Es posible que en el año 2008, con menor radiación global alrededor de la floración las diferencias del microclima de los racimos entre ambos tratamientos fueran lo suficientemente importantes y decisivas a la hora de inducir la síntesis de flavonoles en la baya, al menos en el primero de los dos períodos de síntesis descritos anteriormente.

Antocianos

Los antocianos, pertenecientes al grupo de los flavonoides, son los principales responsables del color en las variedades de uva tinta, y se sintetizan en los hollejos de la baya (en zonas más internas de la epidermis) tras el envero, vía la ruta sintética del ácido shikímico seguida de la ruta fenilpropanoide (Downey et al. 2006). La incidencia de la luz y la temperatura en la síntesis y acumulación de antocianos ha sido ya discutida anteriormente en este apartado: Su concentración, determinada mediante espectrofotometría visible en extractos de uva de la variedad Tempranillo se vio incrementada en los tratamientos de deshojado precoz. Estos resultados se han visto ratificados por los obtenidos mediante cromatografía líquida (HPLC), ya que el deshojado precoz indujo un incremento de la concentración total de antocianos en las bayas de Tempranillo en los dos años de estudio. A nivel individual, la respuesta de los diferentes antocianos al incremento de la luz y la temperatura que suponen una mayor exposición de los racimos y porosidad de la canopy, debidas al deshojado precoz, se manifestó de forma más clara en el año 2007 que en el 2008. Estas diferencias en la respuesta de ciertos antocianos, junto a la mayor concentración de antocianos totales en el año 2007 respecto al 2008, pueden atribuirse a las diferencias climatológicas entre ambas campañas. En este sentido, se ha observado que la luz y la temperatura son capaces de alterar la proporción de los distintos antocianos así como la acilación de los mismos (Tarara et al. 2008). En trabajos anteriores, Keller y Hrazdina (1998) describieron que la cianidina-3-glucósido era más sensible a la luz que la malvidina-3-glucósido, mientras que Haselgrove et al. (2000) observaron que una mayor exposición

a la luz inducía un incremento en la concentración de malvidina-3-glucósido en bayas de Shiraz a la vez que inhibía la concentración del *p*-cumarato de malvidina-3-glucósido. Cortell y Kennedy (2006) sugirieron un cambio en la regulación de la síntesis de antocianos dihidroxilados y trihidroxilados en respuesta a la luz ultravioleta. Así, según estos autores, un aumento de la luz favorece la trihidroxilación del anillo B de los antocianos, aumentando la proporción de los antocianos trihidroxilados, que son la delfinidina-3-glucósido, la malvidina-3-glucósido y la petunidina-3-glucósido. Similares resultados fueron descritos por Downey et al. (2004a), Ryan et al. (2002) y Jaakola et al. (2004). En el presente trabajo, estos tres antocianos han mostrado concentraciones mayores en la baya en el año 2007 (más seco y soleado) que en el año 2008, mientras que las concentraciones de los antocianos dihidroxilados, peonidina-3-glucósido y cianidina-3-glucósido no mostraron diferencias tan notables entre ambos años. Asimismo, ligado al efecto de la luz, un aumento de la temperatura también parece favorecer la síntesis de antocianos trihidroxilados aumentando su proporción respecto a los dihidroxilados, aunque temperaturas altas pueden inhibir la síntesis de ambos (Tarara et al. 2008). Además, la malvidina-3-glucósido parece tener un comportamiento singular respecto al resto de antocianos, ya que su concentración en bayas de la variedad Merlot (Pereira et al. 2006; Tarara et al. 2008) y de la variedad Pinot Noir (Cortell et al. 2007) no se ha visto afectada por la temperatura.

Por otro lado, condiciones de sombreado o de temperaturas muy altas, durante períodos relativamente cortos durante la maduración parecen alterar también la partición entre las formas aciladas y no aciladas de los antocianos (Tarara et al. 2008). Estos autores sugieren que la temperatura puede influir en la actividad de las aciltransferasas alifáticas y aromáticas, que son los enzimas responsables del paso de acilación. En este sentido, Tarara et al. (2008) proponen que es posible que las bayas deriven más antocianos hacia la acilación, como respuesta a un estrés térmico, con la potencial ventaja para la planta de estabilizar el color dentro de las vacuolas, dada la mayor estabilidad de los compuestos acilados.

Al igual que en la mayoría de variedades de *Vitis vinifera* la malvidina-3-glucósido fue el antociano mayoritario en los extractos de uva de Tempranillo para todos los tratamientos. Le siguieron en importancia la delfinidina-3-glucósido y la petunidina-3-

glucósido, respectivamente. Este perfil composicional de los antocianos en los extractos analizados coincide con el descrito por Hermosín-Gutiérrez y García-Romero (2004), Gómez-Alonso et al. (2007) y Revilla et al. (2009) en uvas de Tempranillo. Asimismo, también se verificó que a diferencia de lo que sucede en otras variedades, la proporción de antocianos *p*-cumaratos en la variedad Tempranillo es mayor que la de acetatos (Gómez-Alonso et al. 2007; Revilla et al. 2009). Por otro lado, los valores de las concentraciones de antocianos individuales y como conjunto en los extractos de uva de Tempranillo analizados fueron similares a los obtenidos por Revilla et al. (2009), entre 1000-2000 mg/kg uva, y superiores a los mostrados por Gómez-Alonso et al. (2007), quienes detectaron 924 mg/kg uva.

La época de deshojado no afectó significativamente la concentración total de antocianos, pero sí indujo diferencias en antocianos individuales en los dos años, viéndose más favorecida la acumulación de unos u otros compuestos cuando el deshojado se realizó en pre-floración o en cuajado. La alteración de la partición de las ramas dihidroxiladas y trihidroxiladas de la ruta sintética de los antocianos en función de la luz y la temperatura podría explicar estas diferencias. Por otro lado, el modo de ejecución del deshojado solamente afectó de forma significativa la síntesis de antocianos en el año 2008, como ya se había visto mediante espectrofotometría visible. En este año, además de la concentración total de antocianos, las concentraciones individuales de delphinidina-3-glucósido y petunidina-3-glucósido también fueron mayores en los extractos de uva correspondientes a los tratamientos mecánicos. Ambos antocianos son del tripo trihidroxilado, por lo que es posible que su síntesis se haya visto favorecida por una mejor exposición de los racimos causada por los tratamientos mecánicos frente a los manuales.

En general, salvo excepciones como para la cianidina-3-glucósido y su *p*-cumarato, el deshojado precoz no afectó significativamente la concentración de antocianos en la uva respecto al aclareo manual de racimos, aunque los deshojados mecánicos mostraron una tendencia hacia mayores concentraciones de antocianos.

▪ Análisis sensorial de bayas

El análisis sensorial de bayas, llevado a cabo en la variedad Tempranillo no reveló diferencias importantes en los cuatro parámetros sensoriales evaluados entre el control y los tratamientos de deshojado precoz. Sin embargo, el deshojado realizado en pre-floración pareció inducir una mayor madurez aromática de la pulpa y de los taninos en las bayas, respecto al control. Además, de las dos épocas de deshojado, el realizado en pre-floración pareció promover una mayor madurez de taninos así como una mayor madurez o equilibrio azúcares/acidez. En la baya, los compuestos responsables del aroma, tales como terpenos, bencenoides y fenilpropenoides se acumulan principalmente en los tejidos de la pulpa y los hollejos a partir del envero (Grimplet et al. 2007), observándose en general, mayores concentraciones en el hollejo. Por ello hubiera sido esperable el incremento simultáneo de la percepción de la madurez aromática de la pulpa y del hollejo. Sin embargo, la presencia mayoritaria de compuestos fenólicos en el hollejo, ha podido reducir la percepción aromática de las sustancias volátiles presentes en los mismos, más aún cuando se ha comprobado que el deshojado precoz ha inducido un incremento significativo de los polifenoles en la baya, especialmente de antocianos y flavonoles. Lund et al. (2009) observaron la supresión de la percepción de sustancias aromáticas pertenecientes a distintos grupos, como la isobutil metoxipirazina (aroma vegetal), el 3-mercaptohexanol (piel de maracuyá) y el etil decanoato (miel) cuando adicionaron catequina y quercetina, en vinos de Sauvignon Blanc.

El descriptor “madurez aromática” enfatiza la presencia de aromas afrutados o florales, en detrimento de los aromas herbáceos y vegetales. Uno de los principales grupos de aromas de carácter herbáceo y vegetal en uva, es el constituido por las metoxipirazinas (Morrison y Noble, 1990). Varios autores han comprobado que el aumento de la exposición solar favorece la síntesis de algunos compuestos norisoprenoides (Razungles et al. 1998; Bureau et al. 2000; Lee et al. 2007; Ristic et al. 2007), como la β -ionona (responsable del aroma a violeta), a la vez que la degradación de metoxipirazinas tras el envero (Morrison y Noble 1990; Noble et al. 1995; Hashizume y Samuta 1999). Otro factor que puede haber contribuido a potenciar la percepción de la madurez aromática de la pulpa en las bayas de los tratamientos de

deshojado en pre-floración es la mayor madurez tecnológica (dada por los azúcares y la acidez) inducida por el deshojado precoz. A este respecto, en los últimos estados de maduración de la uva, tiene lugar la transición de aldehídos a alcoholes, ambos compuestos volátiles, y por tanto aromáticos (Kalua y Boss, 2009). Los alcoholes muestran umbrales de percepción de herbáceos superiores a los aldehídos (Kalua et al. 2007), por lo que es posible detectar una disminución de los aromas herbáceos en las últimas etapas de la maduración.

El incremento en la madurez de los taninos, observada en las bayas correspondientes a los tratamientos de deshojado en pre-floración se asocia a una reducción de la agresividad táctil en los receptores sensoriales presentes en la cavidad bucal. En la uva, los taninos, que se encuentran en las pepitas y los hollejos engloban a un amplio abanico de compuestos polifenólicos, que van desde pequeños oligómeros hasta polímeros de proantocianidinas de gran tamaño, también denominados taninos condensados (Downey et al. 2006). Estos oligómeros y polímeros están compuestos de subunidades que son flavanoles monómeros, como catequina y epicatequina. La síntesis y acumulación de taninos en las pepitas y hollejos cesa alrededor del envero, y el nivel de taninos extraíbles disminuye en ambos tejidos entre envero y vendimia (Kennedy et al. 2001; Downey et al. 2003). Desde un punto de vista fisiológico, la disminución de la extractabilidad de los taninos, especialmente de los hollejos, supone una reducción de la percepción de astringencia conferida por los taninos de la baya (Downey et al. 2006). Por ello, estados más avanzados en la maduración de la baya o el adelanto de la misma suelen ir asociados a una menor percepción de amargor y astringencia, que habitualmente generan la sensación de agresividad y rugosidad táctil.

El modo de ejecución del deshojado también ha parecido afectar la percepción sensorial de las bayas de Tempranillo, especialmente la madurez aromática de la pulpa, la madurez de los taninos y el equilibrio azúcares/acidez, que fueron mayores en las bayas correspondientes a los tratamientos mecánicos. El adelanto de la madurez tecnológica observada en las bayas de los deshojados mecánicos respecto a las bayas de cepas defoliadas manualmente podría explicar estos resultados, dadas las

implicaciones en aroma y taninos ya descritas, y obviamente en el equilibrio azúcares/acidez.

5.4. COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL VINO

▪ *Composición físico-química del vino: alcohol y acidez*

El contenido alcohólico de los vinos y los efectos del deshojado precoz observados para este parámetro, fueron coherentes con los resultados del contenido en azúcares de la uva, en las tres variedades estudiadas. Así, en general, el deshojado precoz condujo a vinos de Tempranillo, Graciano y Mazuelo de mayor graduación alcohólica. Dado el incremento en la concentración de azúcares observado en la uva, la obtención de vinos más alcohólicos era un resultado esperable. Del mismo modo, la ausencia de diferencias significativas en el contenido en azúcares en uvas de Graciano y Mazuelo en el año 2008 se manifestó en la ausencia de diferencias en el contenido alcohólico de los vinos para todos los tratamientos en estas dos variedades.

La acidez de los vinos, sin embargo, no se vio sustancialmente afectada por el deshojado precoz, y en general, no se observaron diferencias significativas en pH y acidez total en los vinos de las tres variedades. A diferencia del grado alcohólico, las diferencias de acidez debidas a la defoliación, observadas en la uva, parecen haberse atenuado en los vinos. En este sentido, Boulton (1980) indicó que la acidez total de un vino (definida como la equivalencia en protones de los aniones ácidos orgánicos) difiere notablemente de la del mosto, ya que las concentraciones de los ácidos láctico, y succínico, generados en la fermentación, así como los niveles de ácido acético, cítrico y sulfuroso, presentes en concentraciones significativas en el vino, juegan un papel fundamental, en muchas ocasiones subestimado, en la acidez final de un vino. Además, según Boulton (1980) los niveles de los ácidos málico y tartárico de un vino no son indicadores precisos de su acidez total. Por otro lado, el período de maceración (15 días) del mosto en fermentación con las pepitas y hollejos, ha podido alterar la concentración de potasio del vino respecto a la del mosto, modificando el equilibrio

entre las diferentes especies iónicas de ácido tartárico, pudiendo haber inducido precipitación de bitartrato potásico, con las implicaciones que ello conlleva para el pH y la acidez total. El potasio es el elemento inorgánico más importante presente en la uva y el vino (Berg et al. 1979) y se acumula durante la maduración de la uva en el hollejo, pulpa y pepitas (Iland y Coombe, 1988; Rogiers et al. 2006). Se encuentra en mayor concentración en el hollejo y las pepitas (Coombe 1987), pero su contenido total es mayor en la pulpa, ya que ésta representa el 90% de la masa de la baya (Possner y Kliewer, 1985). Algunos autores han mostrado que la extracción de excesivo potasio de los hollejos durante la fermentación alcohólica puede provocar un incremento del pH en el vino (Van Wyk 1977). Un reciente estudio sobre la distribución y partición del potasio en los orujos y el vino durante la fermentación alcohólica a escala industrial, ha revelado que el tiempo de maceración con los hollejos y el contenido alcohólico del vino son dos factores claves que alteran la concentración de potasio en el vino (Harbertson y Harwood, 2009). Estos autores sugieren que los hollejos se comportan como una resina de intercambio iónico adsorbiendo y liberando cationes potasio en función del pH. Este efecto regulador, podría contribuir a explicar las diferencias en pH y acidez observadas entre la composición de la uva y del vino para los diferentes tratamientos en las tres variedades. Por otro lado, el etanol disminuye la solubilidad del tartrato potásico del vino (Berg y Keefer, 1958), por lo que es posible que se hayan producido variaciones en la acidez de los vinos por precipitación de esta sal en los vinos de mayor contenido alcohólico, en general correspondientes a los tratamientos de deshojado precoz.

El efecto del deshojado precoz en la concentración de ácido málico en el vino mostró ciertas discrepancias entre los años de estudio. De forma general podría decirse que el deshojado precoz no afectó o indujo una reducción de la concentración de ácido málico en el vino, reflejando la tendencia mostrada en la uva.

La influencia del deshojado precoz en la composición química del vino no ha sido prácticamente explorada en la bibliografía. Con todo, algunos autores han descrito un descenso en la acidez total de los vinos de Sauvignon Blanc y Riesling (Kozina et al. 2008) y de Chardonnay Musqué (Reynolds et al. 2007), obtenidos a partir de uva de

cepas deshojadas en la zona basal de los pámpanos alrededor del envero. De forma análoga, el pH y las concentraciones de los principales ácidos orgánicos (málico y tartárico) de los vinos respondieron de forma más heterogénea en diferentes años y variedades (Main y Morris, 2004; Tardáguila et al. 2008b; Kozina et al. 2008) a la defoliación. El contenido en azúcares del mosto y el alcohol del vino ya elaborado, en general aumentaron como consecuencia del deshojado (Main y Morris, 2004; Kozina et al. 2008), pero solamente en algunos años las diferencias fueron significativas respecto al control (Reynolds et al. 2007).

La época de deshojado no tuvo un efecto marcado ni constante en el alcohol y la acidez en los vinos de las tres variedades. Las diferencias más notables se observaron en el año 2009 en la variedad Mazuelo. Los vinos elaborados a partir de uvas de cepas deshojadas en pre-floración mostraron menor acidez, expresada en pH, acidez total y concentración de ácido málico, que los vinos correspondientes al deshojado en cuajado. En el mismo sentido, el pH de los vinos de Graciano en el año 2009 fue mayor en los obtenidos a partir de uva de cepas deshojadas en pre-floración.

El modo de ejecución tampoco parece haber afectado de forma notable la composición físico-química de los vinos en alcohol y acidez, como tampoco lo ha hecho el tipo de deshojadora o la velocidad de trabajo.

El contenido alcohólico de los vinos correspondientes a los deshojados manuales, tanto de 4 como de 8 hojas, mostró una tendencia creciente respecto al contenido alcohólico de los vinos control, aunque la significación estadística solamente se alcanzó en tratamientos concretos en alguno de los dos años. Sin embargo, el deshojado manual de 8 hojas en pre-floración condujo a la obtención de vinos más alcohólicos en las tres variedades.

Respecto al aclareo manual, no se observó una tendencia constante y clara del deshojado precoz en el alcohol y la acidez de los vinos en las tres variedades poniendo de manifiesto las diferencias encontradas en la composición de azúcares y acidez en la uva entre ambas técnicas.

▪ Color y polifenoles del vino

El color es uno de los parámetros de calidad más importantes de un vino (Tsanova-Savova et al. 2002) pudiendo influir en la percepción global de la calidad del mismo (Williams et al. 1984; Clydesdale et al. 1992). Así, en vinos tintos, la intensidad gustativa ha sido correlacionada con la intensidad y tonalidad del vino (Somers y Evans, 1974; Bucelli y Gigliotti, 1993). La intensidad y la tonalidad son dos variables ampliamente utilizadas para describir el color del vino tinto, y se refieren a la densidad y profundidad del mismo, y a la proporción de rojo, azul y amarillo, respectivamente.

Es un hecho ampliamente aceptado que la concentración de antocianos en la uva está íntimamente relacionada con la concentración de antocianos en el vino (Iland 1987) así como con la calidad final del vino (Francis et al. 1998). Los resultados obtenidos para las tres variedades estudiadas en este trabajo también parecen confirmar estas afirmaciones, ya que el incremento en antocianos y polifenoles observados en las bayas de Tempranillo, Graciano y Mazuelo, debidos al deshojado precoz, han conducido a la obtención de vinos de mayor intensidad colorante y con un índice de polifenoles totales superior respecto a los vinos del control. Por otro lado, la defoliación no ha afectado de forma significativa la tonalidad de los vinos, excepto en el año 2009 en la variedad Mazuelo, en el que el deshojado precoz indujo una disminución en el valor de tonalidad de los vinos, manifestando estos una coloración más rojiza, con menor proporción de amarillo que los vinos control. La eliminación de hojas en la zona basal de los racimos también condujo a la obtención de vinos más intensamente coloreados en distintas variedades como Shiraz (Price et al. 1995), Optima y Cabernet Franc (Staff et al. 1997), Sangiovese (Guidoni et al. 2008) o Garnacha (Tardáguila et al. 2008b) y de menor tonalidad (Staff et al. 1997). Asimismo, el contenido polifenólico de los vinos también aumentó significativamente debido al deshojado en vinos de Shiraz, principalmente por un aumento notable de los antocianos y de los flavonoles (Price et al. 1995). Estos autores atribuyen el incremento observado en el color y el contenido fenólico de los vinos elaborados a partir de uvas de cepas deshojadas a la mayor exposición solar de las uvas. Aparte de la mayor concentración de antocianos y polifenoles en las uvas con las que se

elaboraron los vinos, se ha demostrado que el etanol facilita la extracción de antocianos y proantocianidas (Canals et al. 2005). A este respecto, es posible que el incremento en el contenido alcohólico de los vinos debido al deshojado precoz haya favorecido la extracción de antocianos y otros polifenoles durante la fermentación alcohólica, contribuyendo a la mejora del color y del contenido fenólico de los vinos. Además, algunos de los polifenoles extraídos, como flavonoles, ácidos hidroxycinámicos y flavanoles, han sido descritos como importantes cofactores en la copigmentación de los vinos (Asen et al. 1972), fenómeno que ayuda a estabilizar el color polimérico, formado a medida que los vinos envejecen (Price et al. 1995; Boulton 2001; Diago 2003). Por ello, la obtención de vinos de mayor coloración y estructura fenólica es un resultado muy positivo y de gran importancia, especialmente si los vinos elaborados irán destinados a categorías de calidad superior, ya que serán sometidos a un proceso de crianza en bodega donde tiene lugar un lento proceso de microoxigenación durante un tiempo variable, superior a 6 meses en buena parte de los casos.

En general, la época de deshojado no indujo grandes diferencias en el color y contenido polifenólico de los vinos en las tres variedades. Sin embargo, el modo de ejecución sí provocó un efecto más determinante, y los vinos correspondientes a los tratamientos mecánicos mostraron un incremento de la intensidad colorante y del índice de polifenoles totales, superior al de los vinos de los tratamientos manuales en Tempranillo, Graciano y Mazuelo. Además, en la variedad Tempranillo, el tipo de deshojadora no fue un factor importante, pero sí la velocidad de trabajo, ya que el deshojado realizado a 0.5 km/h condujo a la obtención de vinos de mayor intensidad colorante, tonalidad e índice de polifenoles totales que el deshojado realizado a velocidades superiores.

Respecto al aclareo manual, el deshojado precoz mejoró la intensidad de color de los vinos, especialmente en las variedades Graciano y Mazuelo. Además, en esta variedad los vinos obtenidos a partir de uvas de cepas deshojadas presentaron una tonalidad más roja que los vinos correspondientes al aclareo manual, así como un mayor índice de polifenoles totales.

Por otro lado, en las tres variedades, el color y el contenido polifenólico de los vinos fue mayor en los años más secos, cálidos y soleados, como los años 2007 y 2009, que en el año 2008, más fresco y húmedo.

▪ **Monómeros fenólicos en vino**

El análisis cromatográfico de los vinos de Tempranillo reveló diferencias importantes en la composición de monómeros fenólicos entre los distintos tratamientos estudiados en los dos años.

Ácido gálico y (+)-catequina

La concentración de ácido gálico aumentó debido al deshojado precoz en los vinos del año 2007. Por el contrario, en el año 2008, el deshojado precoz indujo una disminución de la concentración de ácido gálico en los vinos. Aparte de la discrepancia de efectos entre los tratamientos en ambos años, otro aspecto que sorprende es la diferente magnitud de concentraciones para este ácido hidroxibenzoico en los vinos de Tempranillo de los dos años, ya que la concentración de ácido gálico (para todos los tratamientos) en los vinos del 2008 fue entre 2-3 veces superior a la del año anterior. Dicha diferencia de magnitud entre los dos años también se observó en los extractos de uva. Monagas et al. (2005) analizaron la composición fenólica de vinos de diferentes variedades cultivadas en Navarra (España) durante el año 2000 y detectaron una concentración de ácido gálico de 14.17 ± 0.48 mg/l en vino de Tempranillo, y entre 12.2 – 15.3 mg/l en vinos de Graciano, Cabernet y Merlot. Sin embargo, Alberto et al. (2001) afirmaron que la concentración promedio de ácido gálico en vino tinto se encuentra alrededor de los 95 mg/l. Las concentraciones de ácido gálico determinadas en los vinos de Tempranillo en el presente trabajo se encuentran dentro del rango descrito en la bibliografía, y las diferencias interanuales pueden responder a diferencias climáticas entre ambos años. Por otro lado, Cortell y Kennedy (2006) observaron que la exposición a la luz solar inducía un incremento significativo de subunidades de extensión de cadena de (-)-epigallocatequina en las proantocianidinas de los hollejos, y de subunidades terminales de (-)-epicatequina-3-O-galato en las proantocianidinas de pepitas en bayas de Pinot Noir, así como una disminución de este flavanol en las subunidades de extensión de cadena en las pepitas. Por tanto,

como consecuencia de un incremento de la exposición de los racimos debido al deshojado precoz, es posible que parte del ácido gálico se encuentre incorporado en moléculas de flavanoles galoilados y como galatos, de modo que el balance final de este ácido hidroxibenzoico en la uva y posteriormente en el vino, pueda variar en función de distintos factores, como la exposición solar. Ello explicaría también la menor concentración de ácido gálico en los vinos correspondientes a los tratamientos de deshojado precoz frente a los elaborados a partir de uva de cepas sometidas a aclareo manual de racimos.

El único flavanol detectado y cuantificado en los vinos de Tempranillo fue la (+)-catequina. Su concentración fue muy inferior en los vinos del año 2008 respecto al año anterior, pero solamente en el año 2008 se observó un incremento significativo de la concentración de este flavanol en los vinos correspondientes a tratamientos de deshojado precoz respecto al control. En el estudio de Monagas et al. (2005) la concentración de (+)-catequina en los vinos de Tempranillo fue de 16.01 ± 0.76 mg/l, similar a los valores de concentración obtenidos en los vinos del año 2007. El análisis cromatográfico de los vinos del 2008 se realizó 3 meses más tarde que los vinos del año 2007. Es posible que durante este tiempo haya tenido lugar una polimerización mayor de los flavanoles, dando lugar a oligómeros y polímeros de mayor peso molecular, como proantocianidas y taninos, que han incorporado unidades de (+)-catequina, provocando la reducción de su concentración en el vino. El análisis cromatográfico realizado no permite la separación y análisis de proantocianidinas y taninos. Estos compuestos podrían ser los causantes del levantamiento de la línea de base, formando un montículo que se extendía a lo largo de buena parte del cromatograma registrado a la longitud de onda de 280 nm.

El aumento de la concentración de (+)-catequina en los vinos elaborados a partir de uva de cepas deshojadas, con mayor exposición de los racimos, coincide con los resultados descritos por Cortell y Kennedy (2006), quienes observaron una mayor proporción de este flavanol en extractos modelo de uvas de Pinot Noir expuestas frente a los extractos modelo de uvas en sombra. Sin embargo, Price et al. (1995) observaron una relación inversa entre las concentraciones de catequina y epicatequina

en vinos de Pinot Noir y la exposición de la fruta con la que fueron elaborados. En el mismo estudio, Cortell y Kennedy (2006) detectaron una menor concentración de flavanoles monómero en los extractos modelo de uvas expuestas, pero una concentración de proantocianidinas en estos extractos doble que la concentración de proantocianidinas en extractos modelo de uvas en sombra. Estos resultados parecen sugerir también la estimulación de las reacciones de polimerización de flavanoles monómero, en presencia de la luz solar, para dar lugar a estructuras poliméricas mayores.

Los flavanoles monómero, como la (+)-catequina son responsables del amargor y en menor medida de la astringencia de los vinos (Kennedy et al. 2006), que está relacionada con las proantocianidinas o taninos, con diferencias notables según las subunidades terminales de las mismas (Valentova et al. 2002).

Asimismo, sería de especial interés analizar cualitativa y cuantitativamente la composición de proantocianidinas en los vinos para los diferentes tratamientos de deshojado. Ello permitiría confirmar algunas de las hipótesis establecidas en esta discusión, a la vez que un mayor conocimiento del efecto de la exposición solar así como de otros factores asociados al deshojado precoz, en la generación y acumulación de estos compuestos en el vino, así como su influencia en las propiedades táctiles del vino, como la astringencia.

GRP, ácidos hidroxicinámicos y resveratrol

El deshojado precoz indujo un incremento significativo de la concentración total de ácidos hidroxicinámicos en vinos de Tempranillo en los dos años de estudio, así como de los ácidos *trans*-caftárico, *cis*-cutárico y cafeico. Estos resultados parecen contrastar con lo observado en extractos de uva, en los que la concentración individual de estos ácidos no se vio modificada por el deshojado precoz, mientras que la concentración total de ácidos hidroxicinámicos disminuyó respecto al control. En la elaboración de los vinos, la adición de anhídrido sulfuroso al mosto durante el encubado pudo haber minimizado de forma importante los procesos oxidativos enzimáticos (Dubernet y Ribéreau-Gayon, 1973; Amano et al. 1979), que se han atribuido como posible causa

de los resultados obtenidos en los extractos de uva. El incremento de la concentración de ácidos hidroxicinámicos en los vinos de los tratamientos de deshojado precoz ha podido suceder como respuesta a la variación del microclima de los racimos, al descenso de la producción provocada por esta práctica vitícola o a la unión de ambos efectos. Price et al. (1995) observaron un incremento en la concentración de ácido caftárico en hollejos de bayas expuestas al sol de la variedad Pinot Noir frente a hollejos de bayas en sombra. Sin embargo, en ese trabajo, el análisis de los vinos mostró una respuesta opuesta, y probablemente relacionada, en las concentraciones de los ácidos caftárico y cafeico frente al incremento de la exposición solar de las uvas con las que se elaboraron tales vinos. Así, Price et al. (1995) argumentaron que los mayores niveles de ácido caftárico en vinos elaborados a partir de uvas sombreadas se debían a diferentes velocidades de degradación de este ácido en los vinos. Aparentemente, el grupo tartárico se hidrolizaba más rápidamente en vinos de uvas expuestas que en vinos de uvas sombreadas, provocando el incremento de la concentración de ácido cafeico en los vinos elaborados a partir de uvas expuestas.

Las concentraciones de ácidos hidroxicinámicos individuales y total en los vinos de Tempranillo fueron similares en los dos años de estudio, y muy superiores a las detectadas por Monagas et al. (2005) en vinos de Tempranillo (2.93 ± 0.12 mg/l), Graciano (4.54 ± 0.14 mg/l), Cabernet Sauvignon (6.26 ± 0.29 mg/l) y Merlot (4.81 ± 0.07 mg/l). Sin embargo, otros autores han descrito concentraciones totales de ácidos hidroxicinámicos en vinos entre 65-100 mg/l como equivalentes de ácido gálico (Singleton et al. 1978) y más recientemente Fernández-Zurbano et al. (1998) obtuvieron concentraciones similares de los principales ácidos hidroxicinámicos y del total de este grupo, en vinos de Viura y Chardonnay. Por otro lado, la utilización de distintas unidades (ej. mg/l ácido gálico frente a mg/l de ácido cafeico o mg/l de cada compuesto concreto) para expresar las concentraciones de las distintas sustancias entre unos estudios y otros pueden haber dado lugar a variaciones en las concentraciones descritas.

Confirmando los resultados de Gómez-Alonso et al. (2007), en nuestro estudio el ácido hidroxicinámico mayoritario en los vinos de Tempranillo fue el ácido *trans*- caftárico,

en contraste con lo observado en los extractos de uva en los que el mayoritario fue el isómero *cis*. El segundo ácido hidroxicinámico presente en mayor concentración en los vinos de Tempranillo en ambos años fue el ácido cafeico. En otros estudios (Fernández-Zurbano et al. 1998) las concentraciones de este ácido en los vinos han sido inferiores a las detectadas en el presente trabajo, aunque fenómenos como la hidrólisis de los ácidos *cis*- y *trans*-caftárico en los vinos han podido contribuir al aumento de las concentraciones de ácido cafeico.

El modo de ejecución del deshojado tuvo un efecto más importante que la época de defoliación en las concentraciones de los ácidos hidroxicinámicos en los vinos. Así, el deshojado mecánico indujo mayores niveles de ácidos hidroxicinámicos totales en los vinos que los deshojados manuales en los dos años. Por otro lado, la defoliación en cuajado parece haber sido más eficaz en la inducción de concentraciones de ácidos hidroxicinámicos en vinos que la defoliación en pre-floración, si bien solamente se observaron diferencias significativas en uno de los dos años estudiados.

Respecto al aclareo manual de racimos, el deshojado precoz indujo un incremento de las concentraciones de ácidos hidroxicinámicos totales, y también para algunos compuestos individuales en los vinos. Este resultado contrasta con lo observado en los extractos de uva, donde se observó lo contrario. Los efectos oxidativos enzimáticos mencionados en la obtención de los extractos de uva podrían explicar estas diferencias.

El resveratrol presenta un máximo de absorción a 306 nm pero a 316 nm todavía mantiene coeficientes de absorptividad molar altos, por lo que fue cuantificado a esta longitud de onda, la misma utilizada para la identificación y cuantificación de los ácidos hidroxicinámicos. El resveratrol fue detectado en sus dos isómeros *cis*- y *trans*- en los vinos de Tempranillo, en los dos años de estudio, a diferencia de los extractos de uva, en los que solamente se detectó *trans*-resveratrol, en el año 2008.

El deshojado precoz indujo un incremento significativo de la concentración de resveratrol en los vinos de Tempranillo en el año 2007, mientras que el efecto

contrario se observó en el año 2008. La significativa reducción en la incidencia de Botrytis provocada por la defoliación, podría explicar la reducción de este estilbeno en los extractos de uva y los vinos, en el año 2008. Sin embargo, la ausencia de Botrytis en el año 2007, caracterizado por ser un año cálido y seco, en la uva de todos los tratamientos (incluido el control) puede haber puesto de manifiesto otros factores que favorecerían la síntesis de resveratrol, como una mejora en la exposición a la luz solar o la temperatura. En este sentido, Langcake y Pryce (1977) apuntaron a la radiación UV como un factor abiótico capaz de inducir la síntesis de resveratrol. El incremento en la concentración de resveratrol en los vinos en el año 2007 para los tratamientos de deshojado precoz es un resultado muy importante y novedoso. Este hallazgo contrasta con las observaciones de Bavaresco et al. (2008), quienes no detectaron cambios en la concentración de resveratrol en ninguna de sus formas, como consecuencia de un deshojado clásico en uva de las variedades Croatina, Malvasia di Candia y Barbera en años cálidos y secos. Las concentraciones de los dos isómeros de resveratrol en los vinos de Tempranillo en los dos años de estudio fueron similares a las descritas por Gómez-Alonso et al. (2007) en vinos de esta misma variedad y por Monagas et al. (2005) en vinos de Tempranillo, Graciano, Cabernet Sauvignon y Merlot.

Como se ha comentado, la época de deshojado afectó de forma significativa la concentración de resveratrol y de sus dos isómeros en los vinos, observándose los efectos más acusados cuando la defoliación tuvo lugar en cuajado.

Por otro lado, el deshojado mecánico indujo niveles de resveratrol más altos que el deshojado manual en los vinos del año 2007, pero el modo de ejecución no tuvo ningún efecto el año siguiente.

De forma análoga al tratamiento control, los vinos elaborados a partir de uvas obtenidas de cepas sometidas a aclareo manual mostraron concentraciones mayores de *trans*-resveratrol que los vinos correspondientes a los tratamientos de deshojado, siguiendo la tendencia observada en los extractos de uva. Estos resultados podrían estar relacionados con la mayor incidencia de Botrytis en la uva en las cepas aclareadas manualmente frente a las deshojadas, en el año 2008.

Flavonoles

El deshojado precoz condujo a la obtención de vinos de Tempranillo con mayor concentración de flavonoles totales respecto a los vinos control en los dos años de estudio. Estos resultados confirman el incremento de la concentración de flavonoles detectada en los extractos de uva correspondientes a tratamientos de deshojado. Además, el mayor tiempo de contacto entre el mosto en fermentación y los hollejos durante la fermentación y la maceración extendida hasta los 15 días que duró el encubado, posibilitaron una mayor extracción de flavonoles de los hollejos, que ha permitido evidenciar de forma significativa las diferencias entre el control y los tratamientos de deshojado también en los vinos del año 2007. Dichas diferencias no solamente se manifestaron en la concentración de flavonoles totales, sino también en la concentración de los polifenoles I y II así como en la de miricetina-O-glucósido y en la de quercetina y sus glicósidos, todas ellas superiores en los vinos correspondientes a tratamientos de deshojado precoz frente a los vinos control. En el año 2008, solamente las concentraciones de polifenol I y de quercetina fueron significativamente mayores en los vinos elaborados a partir de uvas de cepas deshojadas. La mayor síntesis de flavonoles en uva, como respuesta a un incremento en la exposición a la luz solar inducido por la defoliación ya ha sido ampliamente comentada en la discusión de los resultados de flavonoles en extractos de uva. A este respecto, Price et al. (1995) también observaron un aumento significativo de la concentración de quercetina y de los glicósidos de quercetina en vinos elaborados a partir de uvas expuestas de la variedad Pinot Noir, frente a los vinos elaborados con uvas sombreadas. Del mismo modo, Cortell y Kennedy (2006) describieron concentraciones de flavonoles totales en extractos modelo de uvas de Pinot Noir que fueron 2.5 veces superiores para las uvas expuestas respecto a las sombreadas. El incremento de la concentración de flavonoles en los vinos como respuesta al deshojado precoz es un resultado positivo y muy deseable, dado el papel fundamental de este grupo de compuestos en el fenómeno de copigmentación y la estabilización del color en los vinos tintos (Boulton 2001; Downey et al. 2003; Diago 2003). El color de los vinos jóvenes se debe a los antocianos extraídos de los hollejos, pero estos compuestos son inestables y buena parte del color inicial se pierde durante la fermentación y el envejecimiento (Somers y Evans, 1979; Somers y Verette, 1988). El color de los vinos de crianza es el resultado de asociaciones

estables entre antocianos y otros compuestos del grupo de los flavonoides, formando pigmentos poliméricos (Nagel y Wulf, 1979; McCloskey y Yengoyan, 1981; Somers y Verette, 1988; Mateus et al. 2002). Los pigmentos poliméricos se forman lentamente en el vino y los complejos antociano-copigmento se consideran estructuras intermedias que no sólo mantienen a los antocianos en el medio, sino también los alinean en orientaciones favorables para la formación de asociaciones más estables (Brouillard y Dangles, 1994; Boulton 2001). Las asociaciones antociano-copigmento más estables tienen lugar entre los principales antocianos del vino, como la malvidina-3-glucósido y los flavonoles quercetina y quercetina-O-glucósido (Baranac et al. 1997; Lambert 2002). Por ello, cualquier proceso o práctica vitícola que altere el contenido de antocianos y de flavonoles en la uva puede influir de forma importante en la calidad del vino.

Al igual que se observó en los extractos de uva, las concentraciones de flavonoles totales para todos los tratamientos fueron mayores en los vinos del año 2007 que en los del 2008. Sin embargo, la magnitud de tales diferencias entre los dos años, 2 veces en los extractos de uva frente a 10 veces en los vinos, parecen sugerir otras causas aparte de las variaciones en la radiación solar registradas entre los años 2007 y 2008. Como ya se ha mencionado, los vinos del año 2007 se analizaron a los 9 meses del fin de la fermentación alcohólica, mientras que los vinos del 2008 fueron analizados a los 12 meses. Posibles fenómenos oxidativos, unidos a la incorporación de los flavonoles en las cadenas de pigmento polimérico que se forman a medida que el vino envejece, pueden haber contribuido a la depresión de flavonoles monómero de los vinos en el año 2008.

Las concentraciones de flavonoles totales en los vinos del año 2007 son coherentes con los valores descritos por Monagas et al. (2005) en vinos de Tempranillo (10.16 ± 0.63 mg/l) y de otras variedades tintas (16.8-20.0 mg/l). Además, al igual que se observó en los extractos de uva, la miricetina-O-glucósido fue el flavonol mayoritario en los vinos de Tempranillo, tal y como han descrito Hermosín-Gutiérrez et al. (2005) y Gómez-Alonso et al. (2007). Por otro lado, además de los glicósidos de quercetina, en los vinos también se identificó la quercetina aglicona en los dos años y la aglicona de

kaempferol en el año 2008. La presencia de agliconas de flavonoles es prácticamente inexistente en la uva pero no en los vinos donde se libera como consecuencia de un proceso de hidrólisis.

La época de deshojado no afectó de forma notable la concentración de flavonoles en los vinos en el año 2008, pero sí indujo diferencias significativas en los niveles de quercetina y dos de sus glicósidos (quercetina-O-glucósido + quercetina-O-glucurónido) en el año 2007, observándose las concentraciones más altas para los vinos correspondientes al deshojado realizado en cuajado.

Por otro lado, los tratamientos de defoliación mecánicos condujeron a un incremento de la concentración de flavonoles totales así como de quercetina y sus glicósidos en los vinos mayor que los tratamientos manuales, en el año 2007.

Además, el deshojado precoz indujo una mayor concentración de flavonoles totales y de algunos compuestos individuales, como la quercetina y dos de sus glicósidos, en los vinos respecto al aclareo manual, reflejando el mismo resultado que se había observado en los extractos de uva.

Antocianos

El incremento de la concentración total de antocianos así como de los diferentes pigmentos individuales en la uva de Tempranillo, unido a los mayores valores de intensidad colorante observados en los vinos, para los tratamientos de deshojado precoz sugerían un aumento significativo de la concentración de antocianos en los vinos. Dicho aumento se ha verificado para la concentración total de antocianos así como para los diferentes monómeros salvo para los cumaratos de malvidina y petunidina-3-glucósido y para la malvidina-3-glucósido, aunque en este caso también se observó una tendencia creciente para los tratamientos de deshojado precoz respecto al control. Price et al. (1995) y Cortell y Kennedy (2006) también describieron un incremento en la concentración de antocianos en vinos y extractos modelo de uva de Pinot Noir elaborados a partir de las uvas expuestas respecto a los vinos y extractos elaborados a partir de uvas sombreadas. Otro factor que también ha podido contribuir

a una mayor concentración de antocianos en los vinos de los tratamientos de deshojado respecto a los vinos control es el contenido alcohólico de los mismos, ya que se ha comprobado que el etanol favorece la extracción de estos pigmentos (Canals et al. 2005).

La ausencia de diferencias significativas en la malvidina-3-glucósido puede explicarse por una mayor incorporación de este antociano en pigmentos poliméricos con otros flavonoides, como los flavonoles, cuya concentración también fue mayor en los vinos correspondientes a los tratamientos de deshojado. El método cromatográfico utilizado solamente permite separar y cuantificar monómeros, por lo que estructuras superiores como son las de los pigmentos poliméricos quedan fuera del alcance de este análisis y requerirían otro método y condiciones cromatográficas diferentes.

Las concentraciones de antocianos totales en los vinos de Tempranillo del año 2007 son similares a las descritas en vinos de esta misma variedad (398-760 mg/l) por Revilla et al. (2009).

Al igual que en los extractos de uva, los antocianos mayoritarios fueron la malvidina-3-glucósido, la delfinidina-3-glucosido y la petunidina-3-glucósido, y los cumaratos de antocianos superaron en concentración a los acetatos, tal y como han descrito otros autores para vinos de Tempranillo (Hermosín-Gutiérrez et al. 2005; Gómez-Alonso et al. 2007).

Salvo para algunos antocianos concretos, la época y el modo de ejecución no afectaron significativamente la concentración de antocianos en los vinos de Tempranillo.

▪ ***Análisis sensorial de los vinos***

La reducción de la producción de uva parece haber sido un factor clave en la modificación de la percepción aromática de los vinos. Así parecen indicarlo las regresiones significativas positivas obtenidas para un buen número de descriptores aromáticos y la producción de uva por cepa en el año 2007. Chapman et al. (2004) también obtuvieron correlaciones positivas entre la intensidad aromática de algunos aromas afrutados y el número de yemas por cepa, que conducían hacia producciones

más altas, en vinos de Cabernet Sauvignon. Por el contrario, Reynolds et al. (1996) observaron un incremento de la intensidad de aromas afrutados y especiados en vinos de Pinot Noir elaborados a partir de cepas de producciones inferiores al control. A pesar de que la intensidad y la complejidad aromáticas de un vino son considerados factores de calidad, la importancia de los aromas primarios (provenientes de la uva) en la calidad final no es igual en todos los tipos de vino. Estos aromas serán especialmente valorados en vinos jóvenes o de crianza corta, pero quedarán en un segundo plano frente al color, estructura y otras propiedades organolépticas en vinos destinados a crianzas largas. El aumento de la intensidad aromática ligado a producciones más altas es un fenómeno que resulta paradójico. Sin embargo, aún más sorprendente parece el hecho de que la intensidad aromática de algunos aromas afrutados disminuyera para valores crecientes de la ratio superficie foliar total/producción (SFT/P). En este sentido, sería esperable que ratios hoja/fruto mayores promovieran la síntesis de metabolitos secundarios como polifenoles y compuestos aromáticos (Croteau 1984; Iland et al. 1993). Con todo, aún no está claro si el incremento de la ratio SFT/P provoca la inhibición de la síntesis de sustancias aromáticas o si por el contrario favorece la síntesis de otros compuestos aromáticos distintos, con umbrales de percepción más altos, y por tanto menos volátiles. Sin embargo, el hecho de que en el año 2008 no se obtuvieran correlaciones significativas entre los descriptores aromáticos y la producción de uva por cepa o la ratio SFT/P parece indicar un mecanismo regulatorio más complejo, en el que haya otros factores implicados. Entre estos factores, la modificación de la exposición de los racimos y de la porosidad de la canopy, la incidencia de Botrytis, así como aspectos relacionados con la añada, pueden tener un papel relevante en las propiedades aromáticas de los vinos.

La síntesis de la mayoría de metabolitos secundarios responsables de los aromas en uvas y vinos, tanto de compuestos volátiles como de precursores aromáticos, comienza después del cuajado (Hashizume y Samuta, 1999; Roujou de Boubée et al. 2002; Kalua y Boss, 2009; Mendes-Pinto 2009). El perfil de compuestos volátiles que participan del aroma de los vinos incluye terpenos, derivados bencénicos, ésteres, aldehídos y alcoholes. Kalua y Boss (2009) demostraron que este perfil composicional volátil cambia cualitativa y cuantitativamente a lo largo del desarrollo de la baya, y

depende principalmente de la actividad de diferentes enzimas implicados. Así, cualquier práctica vitícola que tenga lugar en diferentes épocas entre cuajado y vendimia podría influir de forma diferente en el perfil aromático de la uva y del vino, al afectar la regulación de las rutas sintéticas de los distintos compuestos volátiles.

Como ya se ha comentado, una consecuencia del deshojado precoz (alrededor de la floración) respecto al deshojado clásico (realizado entre cuajado y envero) es el incremento de la duración de la exposición solar tanto de las hojas que quedan en la cepa como de los racimos. Son numerosos los estudios realizados sobre el efecto de la exposición solar y la temperatura en las propiedades organolépticas de los vinos (Arnold y Bledsoe, 1990; Morrison y Noble, 1990; Reynolds et al. 2007), así como en las concentraciones de algunos compuestos aromáticos en uvas y vinos, como norisoprenoides, metoxipirazinas y precursores glicosilados. A este respecto, una mayor exposición solar antes del envero parece promover la formación de carotenoides, que son los precursores de los norisoprenoides (Mendes-Pinto, 2009), así como inhibir la síntesis de metoxipirazinas (Marais et al. 1999; Roujou de Boubée et al. 2002; Ryona et al. 2008), aunque sobre este último aspecto hay autores que muestran resultados ambiguos (Hashizume y Samuta, 1999). Pasado el envero, el incremento de la exposición solar parece favorecer la ruptura de los carotenoides en norisoprenoides (Marais et al. 1992a; Razungles et al. 1998; Ristic et al. 2007; Lee et al. 2007) así como la síntesis de monoterpenos tanto en su forma libre como conjugada (Reynolds y Wardle, 1989; Marais et al. 1992b; Reynolds et al. 1994; Zoecklein et al. 1998a, 1998b, Kozina et al. 2008), mientras que el efecto sobre la degradación de metoxipirazinas aún no se comprende en su totalidad (Hashizume y Samuta, 1999; Ryona et al. 2008). Como resultado de todos estos procesos, los vinos elaborados a partir de uvas de cepas con vegetación más expuesta mostraron un menor carácter herbáceo y vegetal (Arnold y Bledsoe, 1990; Noble et al. 1995) a la vez que una mayor intensidad en aromas afrutados, florales, varietales y tropicales (Reynolds et al. 1996; Reynolds et al. 2007). En el presente trabajo, el aumento de la exposición de los racimos mediante el deshojado precoz condujo a la obtención de vinos más afrutados y florales en aroma en el año 2008, mientras que en el año 2007 se observó la tendencia contraria. Holt et al. (2008) también describieron discrepancias interanuales

en los atributos sensoriales de los vinos en un estudio sobre diferentes tratamientos de poda, y lo atribuyeron al efecto añada.

Otro factor relacionado con la añada es la incidencia de *Botrytis*. Como ya se ha indicado anteriormente, la infección causada por este hongo fue mucho mayor en el año 2008 que en el 2007, donde prácticamente no se observó. Así, en el 2008 la incidencia de *Botrytis* en la uva de las cepas control alcanzó el 15 % mientras que en las cepas deshojadas se mantuvo entre el 2-7 %. Zoecklein et al. (1992) han relacionado la podredumbre originada por la *Botrytis* con concentraciones de ciertos metabolitos como glicerol, ácido acético, ácido glucónico y etanol. La presencia de estos metabolitos en determinadas concentraciones podría suprimir la percepción de ciertos aromas afrutados y florales, como se observó en el año 2008, así como potenciar la percepción de otros aromas tales como el de fruta pasa. En este sentido, los aromas y sabores parecen interactuar mediante complejos mecanismos de enmascaramiento, inhibición o potenciación entre ellos, de modo que el aumento de la concentración de un aroma o de un grupo de aromas con frecuencia causa la reducción de la intensidad aromática de otro aroma o grupo de aromas (Chapman et al. 2004).

Otro factor crítico, que no ha sido abordado en el presente trabajo es el efecto atribuible a la variedad. Así, aparte de diferencias entre diferentes variedades en la respuesta a una práctica vitícola dada, existe también una fuente de variación genética que afecta a la producción de ciertos compuestos aromáticos, como los terpenos (Park et al. 1991; Coelho et al. 2007; Kalua y Boss, 2009).

En relación con la percepción en boca, el deshojado precoz indujo un incremento significativo del volumen en boca y la astringencia de los vinos, mientras que prácticamente no tuvo efecto alguno sobre la percepción de acidez. Tal y como se ha visto en los mapas de componentes principales, el incremento del volumen en boca y de la astringencia parecen estar relacionados con el aumento significativo del contenido alcohólico y del índice de polifenoles totales, respectivamente, observado en los vinos correspondientes a los tratamientos de deshojado precoz. Además, el

aumento de la exposición de los racimos ha sido asociado con un incremento en la concentración de proantocianidinas en los vinos (Cortell y Kennedy, 2006), y son estos compuestos poliméricos, también llamados taninos, los principales responsables de la sensación de agresividad táctil denominada astringencia.

El volumen en boca y la astringencia se correlacionaron positivamente con la SFT/P. La reducción de la producción de uva inducida por el deshojado precoz ha contribuido de forma importante al incremento de la SFT/P. De forma análoga, Chapman et al. (2004) también observaron una relación negativa entre el amargor y la astringencia, y la producción de uva, en sendos estudios del control de rendimiento productivo mediante poda y aclareo manual en la variedad Cabernet Sauvignon.

La época de deshojado tuvo un efecto más destacado en las propiedades aromáticas de los vinos en el año 2007 que en el 2008. En el año 2007 los vinos elaborados a partir de uvas de cepas defoliadas en pre-floración mostraron una intensidad mayor en aromas afrutados como fresa-fruta roja, mora y plátano, que los vinos elaborados a partir de uvas de cepas defoliadas en cuajado. En los parámetros de percepción en boca evaluados, la época de deshojado no causó grandes diferencias.

Por el contrario, el volumen en boca y la astringencia se vieron más acentuados en los vinos de los deshojados mecánicos que en los vinos de los deshojados manuales. Al igual que la época de deshojado, el modo de ejecución también afectó la percepción aromática de los vinos de forma más marcada en el año 2007 que en el año 2008, observándose una mayor intensidad de los aromas afrutados, florales y de regaliz en los vinos correspondientes a los tratamientos de deshojado manuales respecto a los mecánicos.

6. CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES

Las conclusiones del presente trabajo de investigación, en relación a los objetivos planteados inicialmente, se describen a continuación:

COMPONENTES DE LA PRODUCCIÓN

1. El deshojado precoz redujo significativamente la producción de uva en Tempranillo, Graciano y Mazuelo. La reducción de la tasa de cuajado provocó la disminución del peso y número de bayas del racimo. Esto permitió obtener racimos más pequeños y más sueltos. Los efectos del deshojado precoz sobre el rendimiento han sido anuales, ya que en ningún caso se ha visto modificada la fertilidad de las yemas el año siguiente de su ejecución.
2. La reducción de la tasa de cuajado y sus consecuencias sobre los componentes de la producción constata que la eliminación de las fuentes de carbohidratos en la floración es una estrategia válida y eficaz para regular el rendimiento productivo de la vid.
3. El deshojado precoz no modificó en todas las variedades el peso medio de baya (fue constante o disminuyó), pero sí alteró la distribución de los componentes de la baya e incrementó la proporción hollejo/pulpa.

ESTADO SANITARIO Y DESARROLLO VEGETATIVO

4. El incremento de la porosidad de la canopy y de la exposición de los racimos, así como la morfología menos compacta de éstos, provocó una mejora significativa del estado sanitario de la uva, con menor incidencia de Botrytis.
5. En respuesta a la defoliación, la cepa mostró un crecimiento vegetativo compensatorio, que no siempre fue suficiente para mantener la superficie foliar total respecto al control. La restricción de la superficie foliar ocasionada por el deshojado precoz fue contrarrestada por la reducción de la producción de uva, conduciendo al mantenimiento e incluso incremento de la relación hoja/fruto.

COMPOSICIÓN Y CALIDAD DE LA UVA

6. El deshojado precoz estimuló el adelanto de la maduración de la uva (tanto tecnológica como fenólica) y condujo a la obtención de uva más madura, con mayor concentración de azúcares, antocianos y polifenoles.
7. La mejora de la exposición de los racimos y la reducción de la producción, provocadas por el deshojado precoz, estimularon la síntesis y acumulación de monómeros fenólicos en la uva, especialmente flavonoles y antocianos.

COMPOSICIÓN Y CALIDAD DEL VINO

8. Los vinos correspondientes a los tratamientos de deshojado precoz presentaron valores más elevados de grado alcohólico, intensidad colorante e índice de polifenoles totales en las tres variedades.
9. Debido al deshojado precoz se incrementó la concentración de antocianos, de ácidos hidroxicinámicos y de flavonoles en los vinos. Esto favoreció una mejora de la intensidad de color del vino y podría también favorecer su estabilidad, al ser estos compuestos excelentes factores de copigmentación.
10. En ausencia de un estrés biótico como la infección por Botrytis, el deshojado precoz condujo al aumento de la concentración de resveratrol en vino, posiblemente inducido por la mayor exposición de los racimos. Este resultado es de gran interés, dadas las propiedades antioxidantes y protectoras para la salud humana del resveratrol.
11. El deshojado precoz modificó las propiedades organolépticas de los vinos de Tempranillo, favoreciendo la intensidad de aromas afrutados y florales cuando la Botrytis fue un factor presente en la uva mientras que en ausencia de esta infección, la intensidad aromática tendió a disminuir. El incremento de la astringencia y del volumen en boca en los vinos de cepas deshojadas puso de relieve la mejora de la percepción en boca de los vinos, que se relacionó con el aumento de la relación hoja/fruto.
12. Los resultados obtenidos indican que mediante el deshojado precoz es posible mejorar el potencial enológico de los vinos de Tempranillo, Graciano y Mazuelo, especialmente cuando éstos van a permanecer en barrica durante un período de crianza, como sucede en la mayoría de vinos de calidad.

EFFECTOS DE LA ÉPOCA Y DE LA INTENSIDAD DE DESHOJADO

- 13.** En términos generales, el deshojado realizado en pre-floración tuvo un efecto más acusado que el realizado en cuajado en la reducción de la tasa de cuajado, de la producción de uva y de sus componentes, así como en la mejora de la calidad de la uva y del vino.
- 14.** La eliminación manual de 8 hojas, especialmente en pre-floración, fue eficaz en la reducción de la producción de uva y mejora de la calidad de la uva y del vino, mientras que la eliminación de 4 hojas tuvo un efecto en general insuficiente en la modificación del rendimiento productivo y la composición de la uva y del vino.

MECANIZACIÓN DEL DESHOJADO PRECOZ

- 15.** El deshojado mecánico realizado con una deshojadora de impulsión de aire provocó efectos más acusados en la reducción de la producción y en la mejora de la calidad de la uva y del vino que la defoliación manual.
- 16.** La elección del tipo de deshojadora, así como la velocidad de trabajo parecen ser unos factores importantes, que determinan la eficacia del deshojado precoz.

DESHOJADO PRECOZ Y ACLAREO MANUAL DE RACIMOS

- 17.** La capacidad del deshojado precoz en el control de la producción de uva fue similar y en ocasiones superior a la del aclareo manual de racimos. Sin embargo, los efectos inducidos por el aclareo manual sobre la mejora de la composición de la uva y del vino fueron significativamente menores.

CONCLUSIÓN FINAL

- 18.** El deshojado precoz podría proponerse como una potente, eficaz, fácil de mecanizar e innovadora técnica vitícola para regular el rendimiento productivo del viñedo y mejorar la calidad de la uva y del vino.

7. BIBLIOGRAFÍA

7. BIBLIOGRAFÍA

Alberto, M., Farías, M.E. y Manca de Nadra, M.C. (2001) Effect of gallic acid and catechin on *Lactobacillus hilgardii* 5w growth and metabolism of organic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49, 4359-4363.

Alexander, D.M. y Woodham, R.C. (1964) Yield response to applications of zinc and superphosphate. *Aust. Journal of Experimental Agriculture Animal Husb.* 4, 169-172.

Alleweldt, G. (1963) Einfluss von Klimafaktoren auf die Zahl der Inflorescenzen bei Reben. *Die Wein-Wissenschaft* 18, 61-70.

Amano, Y., Kubota, M. y Kagami, M. (1979) Oxygen uptake of Koshu grape must and its control. *Hokkokogaku Kaishi* 57, 92-101.

Amiri, M.E. y Fallahi, E. (2007) Influence of mineral nutrients on growth, yield, berry quality, and petiole mineral nutrient concentrations of table grape. *Journal of Plant Nutrition* 30, 463-470.

Antcliff, A.J. y Webster, W.J. (1955) Studies on the sultana vine. I. Fruit bud distribution and bud burst with reference to potential crop. *Australian Journal of Agricultural Research* 6, 565-588.

Arnold, R.A. y Bledsoe, A.M. (1990) The effect of various leaf removal treatments on the aroma and flavor of Sauvignon Blanc wine. *American Journal of Enology and Viticulture* 41, 74-76.

Asen S., Stewart, R.N. y Norris, K.N. (1972) Co-pigmentation of anthocyanins in plant tissues and its effect on color. *Phytochemistry* 11, 1139-1145.

Baranac, J.M., Petranovic, N.A. y Dimitric-Markovic, J.M. (1997) Spectroscopic study of anthocyanin copigmentation reactions. 2. Malvin and the nonglycosidized flavone quercetin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45, 1694-1697.

Bavaresco, L., Gatti, M., Pezzutto, S., Fregoni, M. y Mattivi, F. (2008) Effect of leaf removal on grape yield, berry composition and stilbene concentration. *American Journal of Enology and Viticulture* 59, 292-298.

Bennett, J., Jarvis, P., Creasy, G.L. y Trought, M.C.T. (2005) Influence of defoliation on overwintering carbohydrate reserves, return bloom and yield of mature Chardonnay grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture* 56, 386-393.

Berg, H.W. y Keefer, R.M. (1958) Analytical determination of tartrate stability in wine. I. Potassium bitartrate. *American Journal of Enology and Viticulture* 9, 180-193.

Berg, H.W., Akiyoshi, M. y Amerine, M.A. (1979) Potassium and sodium content of California wines. *American Journal of Enology and Viticulture* 30, 55-57.

Bergqvist, J., Dokoozlian, N. y Ebisuda, N. (2001) Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and

Grenache in the Central San Joaquin Valley of California. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52, 1-7.

Bertamini, M., Iacono, F. y Scienza, A. (1991) Manipolazione dei rapporti sink-source mediante il diradamento dei grappoli e riflessi sulla qualità (cv. Cabernet Sauvignon). *Vignevini* 10, 41-47.

Bessis, R., Fournioux, J.C. y Jeandet, P. (2000) Grapevine fruitset: Physiology of the abscission zone. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 6, 125-130.

Bledsoe, A.M., Kliewer, W.M. y Marois, J.J. (1988) Effects of timing and severity of leaf removal on yield and fruit composition of Sauvignon Blanc grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture* 39, 49-54.

Boulton, R. (1980) The relationships between total acidity, titratable acidity and pH in wine. *American Journal of Enology and Viticulture* 31, 76-80.

Boulton R.B. (2001) The Copigmentation of Anthocyanins and its role in the color of red wine: A critical review. *American Journal of Enology and Viticulture* 52, 67-87.

Boulton, R.B., Singleton, V.L., Bisson, L.F. y Kunkee, R.E. (1998) Principles and practices of winemaking. Aspen publishers, Inc., Gaithersburg, Maryland. Pp. 604.

Bravdo, B., Hepner, Y., Loinger, C., Cohen, S. y Tabacman, H. (1985) Effect of irrigation and crop level on growth, yield and wine quality of Cabernet Sauvignon. *American Journal of Enology and Viticulture* 36, 132-139.

Brouillard, R. y Dangles, O. (1994) Anthocyanin molecular interactions: the first step in the formation of new pigments during wine aging? *Food Chemistry* 51, 365-371.

Bucelli, P. y Gigliotti, A. (1993) Importanza di alcuni parametri analitici nella valutazione dell'attitudine all'invecchiamento dei vini. *Enotecnico* 29, 75-84.

Bureau, S.M., Baumes, R.L. y Razungles, A.J. (2000) Effect of vine or bunch shading on the glycosylated flavor precursors of *Vitis vinifera* L. cv. Syrah. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48, 1290-1297.

Buttrose, M.S. (1966) The effect of reducing leaf area on the growth of roots, stems and berries of Gordo grapevines. *Vitis* 5, 455-464.

Buttrose, M.S. (1970) Fruitfulness in grape-vines: The response of different cultivars to light, temperature and daylength. *Vitis* 9, 121-125.

Buttrose, M.S. (1974) Climatic factors and fruitfulness in grapevines. *Horticultural Abstracts* 44, 319-326.

Buttrose, M.S., Hale, C.R. y Kliewer, W.M. (1971) Effect of temperature on the composition of 'Cabernet Sauvignon' berries. *American Journal of Enology and Viticulture* 22, 71-75.

Canals, R., Llaudy, M.C., Valls, J., Canals, J.M. y Zamora, F. (2005) Influence of ethanol concentration on the extraction of color and phenolic compounds from the

skin and seeds of Tempranillo grapes at different stages of ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53, 4019-4025.

Candolfi-Vasconcelos, M.C. y Koblet, W. (1990) Yield, fruit quality, bud fertility and starch reserves of the wood as a function of leaf removal in *Vitis vinifera*. Evidence of compensation and stress recovering. *Vitis* 29, 199-221.

Candolfi-Vasconcelos, M.C. y Koblet, W. (1991) Influence of partial defoliation on gas exchange parameters and chlorophyll content of field-grown grapevines—Mechanisms and limitation of the compensation capacity. *Vitis* 30, 129-141.

Candolfi-Vasconcelos, M.C., Koblet, W., Howell, G.S. y Zweifel, W. (1994) Influence of defoliation, rootstock, training system and leaf position on gas exchange of Pinot noir grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture* 45, 173-180.

Candolfi-Vasconcelos, M.C., Brasker, E. y Reynolds, A. (2007) Effects of crop level on yield components, fruit composition, wood carbohydrate reserves, and wine quality of Pinot Noir. *Proceedings of the 15th International Symposium GESCO 2007*, 20-23 June, Porec, Croatia (Institute of Agriculture and Tourism: Porec, Croatia) Volume II, pp. 830-840.

Cano-López, M., Pardo-Mínguez, F., López-Roca J.M. y Gómez-Plaza, E. (2006) Effect of microoxygenation on anthocyanin and derived-pigment content and chromatic characteristics of red wines. *American Journal of Enology and Viticulture* 57, 325-331.

Caporali, E., Failla, O. y Scienza, A. (2005) Ruolo della sfogliatura sul potenziale polifenolico della bacca. *L'Informatore Agrario* 21, 34–35.

Carmona, M.J., Chaib, J., Martínez-Zapater, J.M. y Thomas, M.R. (2008) A molecular genetic perspective of reproductive development in grapevine. *Journal of Experimental Botany* 59, 2579.

Caspari, H.W. y Lang, A. (1996) Carbohydrate supply limits fruitset in commercial Sauvignon blanc grapevines. In *Proceedings for the Fourth International Symposium on Cool Climate Enology and Viticulture*. T. Henick-Kling et al. (Eds.), pp. II 9-13. New York State Agriculture Experiment Station, Geneva, New York.

Castelli, S. y Pisani, P.L. (1985) Observations on the blossom of grapevines. *VigneVini* 12, 23-25.

Chapman, D.M., Matthews, M.A. y Guinard, J.X. (2004) Sensory attributes of Cabernet Sauvignon wines made from vines with different crop yields. *American Journal of Enology and Viticulture* 55, 325-334.

Cheyrier, V. y Rigaud, J. (1986) HPLC separation and characterization of flavonols in the skins of *Vitis vinifera* var. Cinsault. *American Journal of Enology and Viticulture* 37, 248-252.

Cheyrier, V., Moutounet, M. y Sarni-Manchado, P. (1998) Les composés phénoliques. In: Flanzy, C. (Ed.), *Oenologie: fondements scientifiques et technologiques*. Lavoisier Tec & Doc, Paris. Pp. 124-164.

Clingeffer, P.R., Krstic, M.P. y Welsh, M.A. (2002) Effect of post-set, crop control on yield and wine quality of Shiraz. In: Proceedings of the Eleventh Australian Wine Industry Technical Conference. The Australian Wine Industry Technical Conference Inc.: Urrbrae, South Australia, Australia, pp. 84–86.

Clydesdale, F.M., Gover, R., Philipsen, D.H. y Fugardi, C. (1992) The effect of color on thirst quenching, sweetness, acceptability and flavor intensity in fruit punch flavored beverages. *Journal of Food Quality* 15, 19-38.

Coelho, E., Rocha, S.M., Barros, A.S., Delgadillo, I. y Coimbra, M.A. (2007) Screening of variety and pre-fermentation-related volatile compounds during ripening of white grapes to define their evolution profile. *Analytica Chimica Acta* 597, 257-264.

Coombe, B.G. (1959) Fruit-set development in seeded grape varieties as affected by defoliation, topping, girdling, and other treatments. *American Journal of Enology and Viticulture* 10, 85-100.

Coombe, B.G. (1962) The effect of removing leaves, flowers and shoot tips on fruit-set in *Vitis vinifera* L. *Journal of Horticultural Science* 37, 1-15.

Coombe, B.G. (1987) Distribution of solutes within the developing grape berry in relation to its morphology. *American Journal of Enology and Viticulture* 38, 120-127.

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

Cortell, J.M. y Kennedy, J.A. (2006) Effect of shading on accumulation of flavonoid compounds in (*Vitis vinifera* L.) Pinot Noir fruit and extraction in a model system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54, 8510-8520.

Cortell, J.M., Halbleib, M., Galagher, A.V., Righetti, T.L. y Kennedy, J.A. (2007) Influence of vine vigor on grape (*Vitis vinifera* L. cv. Pinot Noir) anthocyanins. 1. Anthocyanin concentration and composition in fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55, 6575-6584.

Crippen, D.D. y Morrison, J.C. (1986a) The effects of sun exposure on the compositional development of Cabernet Sauvignon berries. *American Journal of Enology and Viticulture* 37, 235-242.

Crippen, D.D. y Morrison, J.C. (1986b) The effects of sun exposure on the phenolic content of Cabernet Sauvignon berries during development. *American Journal of Enology and Viticulture* 37, 243-247.

Croteau, R. (1984) Biosynthesis and catabolism of monoterpenes. In: *Isoprenoids in plants*. W.D. Nes, G. Fuller, and L.Tsai. (Eds.). pp 31-80. Marcel Dekker, Inc., New York.

Diago, M.P. (2003) Effect of Co-fermentation of Red Grapes with Different Amounts of White Skins in the Color of Young Red Wines. M.S. Thesis, University of California, Davis.

Diago, M.P., Vilanova, M., Blanco, J.A. y Tardáguila, J. (2010) Effects of mechanical thinning on fruit and wine composition and sensory attributes of Grenache

and Tempranillo cultivars (*Vitis vinifera* L.). Australian Journal of Grape and Wine Research (aceptado para publicación).

D.O.Ca Rioja (2008) Memoria estadística de la Denominación de Origen Calificada Rioja del año 2008. Consejo regulador de la D.O.Ca Rioja. Logroño, La Rioja.

Dokoozlian, N.K. y Kliewer, W.M. (1996) Influence of light on grape berry growth and composition varies during development. Journal of the American Society of Horticultural Science 121, 869-874.

Donovan J.L., Meyer A.S. y Waterhouse A.L. (1998) Phenolic composition and Antioxidant Activity of Prunes and Prune Juice (*Prunus Domestica*). Journal of Agricultural and Food Chemistry 46, 1247-1252.

Downey, M.O., Harvey, J.S. y Robinson, S.P. (2003) Synthesis of flavonols and expression of flavonol synthase genes in developing grape berries of Shiraz and Chardonnay (*Vitis vinifera* L.) Australian Journal of Grape and Wine Research 9, 110-121.

Downey, M.O., Harvey, J.S. y Robinson, S.P. (2004a) The effect of bunch shading on berry development and flavonoid accumulation in Shiraz grapes. Australian Journal of Grape and Wine Research 10, 55-73.

Downey, M.O., Harvey, J.S. y Robinson, S.P. (2004b) Flavonol accumulation and expression of a gene encoding flavonol synthase demonstrates light sensitivity of flavonol biosynthesis in grapevines. In XXII International Conference on Polyphenols. A. Hoikkala and O. Soidinsalo (Eds.), pp. 59-60. University of Helsinki

Downey, M.O., Dokoozlian, N.K. y Krstic, M.P. (2006) Cultural practice and environmental impacts on the flavonoid composition of grapes and wine: A review of recent research. American Journal of Enology and Viticulture 57, 257-268.

Dubernet, M. y Ribéreau-Gayon, P. (1973). Presence et signficance dans les mouts et les vins de la tyrosinase du raisin. Connaissance de la Vigne et du Vin 7, 283-302.

Dunn, G.M. y Martin. S.R. (2000) Do temperature conditions at budburst affect flower number in *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon? Australian Journal of Grape and Wine Research 6, 116-124.

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

Dunnett, C.W. (1955) A multiple comparisons procedure for comparing several treatments with a control. Journal of the American Statistical Association 50, 1096-1121.

EEC (European Union Commission Regulation) (1990) Nº 2676/90, Off J Europ Comm L 272.

Ewart, A. y Kliewer, W.M. (1977) Effects of controlled day and night temperatures and nitrogen on fruit-set, ovule fertility, and fruit composition of several wine grape cultivars. *American Journal of Enology and Viticulture* 28, 88-95.

Fendinger, A.G., Pool, R.M., Dunst, R.M. y Smith, R. (1996) Effect of mechanical thinning minimally pruned 'Concord' grapevines on fruit composition. In *Proceedings for the 4th International Symposium on Cool Climate Viticulture and Enology (Communications Services: Rochester)*.

Fernández-Zurbano, P., Ferreira, V., Escudero, A. y Cacho, J. (1998) Role of hydroxycinnamic acids and flavanols in the oxidation and browning of white wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46, 4937-4944.

Finkel, H.E. (1998) Il paradosso francese ovvero la verità scientifica sugli aspetti salutistici del vino. *L'Enotecnico* 9, 67-70.

Flore, J.A. y Lakso, A.N. (1989) Environmental and physiological regulation of photosynthesis in fruit crops. *Horticultural Reviews* 11, 111-146.

Francis, I.L., Iland, P.G., Cynkar, W.U., Kwiatkowski, M., Williams, P.J., Armstrong, H., Botting, D.G., Gawel, R. y Ryan, C. (1998) Assessing wine quality with the G-G assay. In: *Proceedings of the Tenth Australian Wine Industry Technical Conference (Australian Wine Research Institute: Adelaide, Australia)* pp. 104-108.

Frankel, E.N., Kanner, J., German, J.B., Parks, E. y Kinsella, J.E. (1993) Inhibition of oxidation of human low-density lipoprotein by phenolic substances in red wine. *The Lancet* 341, 454-457.

García-Escudero, E. (2006) El aclareo de racimos como herramienta adecuada para el manejo del potencial productivo en el cultivo de la vid. *La prensa del Rioja* 161, 12-17.

García-Escudero, E. y Zaballa, O. (2000) Regularización de la producción y la calidad de los vinos. *Agricultura: Revista agropecuaria* 69, 61-68.

García-Escudero, E., López, R., Santamaría, P., Zaballa, O. y Arbizu, J. (1995) El control del rendimiento por aclareo de racimos. *Experiencias sobre cv. Mazuelo. Zubía Monográfico* 7, 53-64.

Girard, B. y Mazza, G. (1998) Functional grape and citrus products. En: *Functional foods: biochemical and processing aspects*. Mazza, G. Ed: Technomic Publishing Co. Inc.: Lancaster, PA: 139-191.

Glynn, M. (2002) Distribution of Brix, berry weight, seed number, anthocyanins, total skin phenols, skin hydroxycinnamates and skin flavonols in a Cabernet Sauvignon cluster. *Master of Science Thesis, University of California at Davis*.

Gómez-Alonso, S., García-Romero, E. y Hermosín-Gutiérrez, I. (2007) HPLC analysis of diverse grape and wine phenolics using direct injection and multidetection by DAD and fluorescence. *Journal of Food Composition and Analysis* 20, 618-626.

Grimplet, J., Deluc, L.G., Tillett, R.L., Wheatley, M.D., Schlauch, K.A., Cramer, G.R. y Cushman, J.C. (2007) Tissue-specific mRNA expression profiling in grape berry tissues. *BMC Genomics* 8, 187.

Gubler, W.D., Bettiga, L.J. y Heil D. (1991) Comparisons of hand and machine leaf removal for the control of *Botrytis* bunch rot. *American Journal of Enology and Viticulture* 42, 233-236.

Guidoni, S., Allara, P. y Schubert, A. (2002) Effect of cluster thinning on berry skin anthocyanin composition of *Vitis vinifera* cv. Nebbiolo. *American Journal of Enology and Viticulture* 53, 224-226.

Guidoni, S., Oggero, G., Cravero, S., Rabino, M., Cravero, M.C. y Balsari, P. (2008) Manual and mechanical leaf removal in the bunch zone (*Vitis vinifera* L., cv Barbera): Effects on berry composition, health, yield and wine quality, in a warm temperature area. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 42, 49-58.

Hale, C. R. y Weaver, R. J. (1962) The effect of developmental stage on direction of translocation of photosynthate in *Vitis vinifera*. *Hilgardia* 33, 89-141.

Harbertson, J.F. y Harwood, E.D. (2009) Partitioning of potassium during commercial-scale red wine fermentations and model wine extractions. *American Journal of Enology and Viticulture* 60, 43-49.

Harris, J.M., Kriedemann, P.E. y Possingham, J.V. (1968) Anatomical aspects of grape berry development. *Vitis* 7, 106-119.

Haselgrove, L., Botting, D., van Heeswijck R., Hoj, P.B., Dry, P.R., Ford, C. y Iland, P.G. (2000). Canopy microclimate and berry composition: the effect of bunch exposure on the phenolic composition of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz grape berries. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 6, 141-149.

Hashizume, K. y Samuta, T. (1999) Grape maturity and light exposure affect berry methoxyypyrazine concentration. *American Journal of Enology and Viticulture* 50, 194-198.

Hegedus, A. (1973) Factors affecting the fruitfulness of grapevine buds. *Szolo-es Gyumolcstermesztes* 7, 3-50.

Hermosín-Gutiérrez, I. y García-Romero, E. (2004) Antocianos de variedades tintas cultivadas en La Mancha: perfiles varietales característicos de la uva y de los vinos monovarietales, y evolución durante la maduración de la baya. *Alimentaria* 352, 127-139.

Hermosín-Gutiérrez, I., García-Romero, E., Gómez-Alonso, S. y Quintanar-Lara, A. (2005) Flavonols from La Mancha varietal red wines: Content, evolution during ageing, usefulness as varietal differentiation tool. Presented at Euro Food Chem XIII, Hamburg 21-23.

Hmamouchi, M., Es-Safi, N., Lahrichi, M., Fruchier, A. y Essassi, E.M. (1996) Flavones and flavonols in leaves of some Moroccan *Vitis vinifera* cultivars. *American Journal of Enology and Viticulture* 47, 186-192.

Hofäcker, W. (1978) Untersuchungen zur photosynthese der rebe. Einfluß der entblätterung, der dekapitierung, der ringelung und der entfernung der traube. *Vitis* 17:10-22.

Holt, H.E., Francis, I.L., Field, J., Herderich, M.J. y Iland, P.G. (2008) Relationships between wine phenolic composition and wine sensory properties for Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.). *Australian Journal of Grape and Wine Research* 14, 162-176.

Hrazdina, G. y Moskowitz, A.H. (1982) Subcellular status of anthocyanins in grape skins. *In: Proc. Grape and Wine Centennial Symp., A.D. Webb. (Ed.) pp. 342-52. June 1980, University of California, Davis.*

Huglin, P. (1958) Recherches sur les bourgeons de la vigne: Initiation florale et développement végétatif. *Ann. Amélior. Plant.* 8, 113-272.

Huglin, P. (1960) Causes déterminants des alterations de la floraison de la vigne. *Annales de l'Amélioration des Plantes* 10, 351-358.

Hunter, J.J. y Visser, J.H. (1990) The effect of partial defoliation on growth characteristics of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon II. Reproductive growth. *South African Journal of Enology and Viticulture* 16, 35-40.

Hunter, J.J., De Villiers, O.T. y Watts, J.E. (1991) The effect of partial defoliation on quality characteristics of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon grapes. II. Skin color, skin sugar and wine quality. *American Journal of Enology and Viticulture* 42, 13-18.

Hunter, J.J., Ruffner, H.P., Volschenk, C.G. y le Roux, D.J. (1995) Partial defoliation of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon/99 Richter: Effect on root growth, canopy efficiency, grape composition, and wine quality. *American Journal of Enology and Viticulture* 46,306-314.

ICEX (2008) El vino en cifras. Instituto español de comercio exterior. Informe correspondiente al año 2008. www.winesfromspain.com

Iland, P.G. (1987) Predicting red wine colour from grape analysis. *The Australian Grape Grower and Winemaker* 285, 29.

Iland, P.G., Gawel, R., Coombe, B.G. y Henschke, P.M. (1993) Viticultural parameters for sustaining wine style. *In: Proceedings of the Eighth Australian Wine Industry Technical Conference. C.S. Stockley, R.R. Johnstone, P.A. Leske, and T.H. Lee (Eds). Pp 167-169. Adelaide, SA. Winetitles.*

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

Iland, P.G., y Coombe, B.G. (1988) Malate, tartrate, potassium, and sodium in flesh and skin of Shiraz grapes during ripening: Concentration and compartmentation. *American Journal of Enology and Viticulture* 39, 71-76.

Intrieri, C., Poni, S., Rebucci, B. y Magnanni, E. (1997) Effects of canopy manipulations on whole-vine photosynthesis: results from pot and field experiments. *Vitis* 36, 167-173.

Intrieri, C., Filippetti, I., Allegro, G., Centinari, M. y Poni S. (2008) Early defoliation (hand vs mechanical) for improved crop control and grape composition in Sangiovese (*Vitis vinifera* L.). *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 14, 25-32.

Intrieri, C., Filippetti, I., Allegro, G., Centinari, M. y Poni, S. (2008b) Effetti della defogliazione precoce sulla morfologia dei grappoli, la qualità e la produttività delle uve Sangiovese. *Frutticoltura* 1, 28-31.

Jaakola, L., Määttä-Riihinen, K., Kärenlampi, S. y Hohtola, A. (2004) Activation of flavonoid synthesis by solar radiation in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) leaves. *Planta* 218, 721-728.

Jackson, D.I. y Lombard, P.B. (1993) Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality- A review. *American Journal of Enology and Viticulture* 44, 409-430.

Jackson, M. G., Timberlake, C. F., Bridle, P. y Vallis, L. (1978) Red wine quality s correlations between color, aroma and flavor and pigment and other parameters of young beaujolais. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 29, 715–727.

Jensen, J.S., Demiray, S., Egebo, M. y Meyer, A.S. (2008) Prediction of wine color attributes from the phenolic profiles of red grapes (*Vitis vinifera*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, 1105-1115.

Kalua, C.M., Allen, M.S., Bedgood, D.R., Bishop, A.G., Prenzler, P. y Robards, K. (2007) Olive oil volatile compounds, flavour development and quality: a critical review. *Food Chemistry* 100, 273-286.

Kalua, C.M. y Boss, P.K. (2009) Evolution of volatile compounds during the development of Cabernet Sauvignon grapes (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57, 3818-3830.

Kaps, M.L. y Cahoon, G.A. (1989) Berry thinning and cluster thinning influence vegetative growth, yield, fruit composition and net photosynthesis of 'Seyval blanc' grapes. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 114, 20–24.

Keller, M. y Hrazdina, G. (1998) Interaction of nitrogen availability during bloom and light intensity during veraison: II. Effects on anthocyanin and phenolic development during grape ripening. *American Journal of Enology and Viticulture* 49, 341-349.

Keller, M., Arnink, K.J. y Hrazdina, G. (1998) Interaction of nitrogen availability during bloom and light intensity during veraison: I. Effects on grapevine growth, fruit development, and ripening. *American Journal of Enology and Viticulture* 49, 333-340.

Keller, M., Mills, L.J., Wample, R.L. y Spayd, S.E. (2005) Cluster thinning effects on three deficit-irrigated *Vitis vinifera* cultivars. *American Journal of Enology and Viticulture* 56, 91-103.

Kennedy, J.A., Hayasaka, Y., Vidal, S., Waters, E.J. y Jones, G.P. (2001) Composition of grape skin proanthocyanidins at different stages of berry development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49, 5348-5355.

Kennedy, J.A., Saucier, C. y Glories, Y. (2006) Grape and wine phenolics: History and perspective. *American Journal of Enology and Viticulture* 57, 239-248.

Kliewer, W.M. (1970a) Effect of day temperature and light intensity on coloration of *Vitis vinifera* L. grapes. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 95, 693-697.

Kliewer, W.M. (1970b) Effect of time and severity of defoliation on growth and composition of Thompson Seedless grapes. *American Journal of Enology and Viticulture* 21, 37-47.

Kliewer, W.M. (1975) Effect of root temperature on budbreak, shoot growth, and fruit-set of 'Cabernet Sauvignon' grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture* 26, 82-89.

Kliewer, W.M. (1977) Effect of high temperatures during the bloom-set period on fruit-set, ovule fertility, and berry growth of several grape cultivars. *American Journal of Enology and Viticulture* 4, 215-222.

Kliewer, W.M. y Antcliff, A.J. (1970) Influence of defoliation, leaf darkening and cluster shading on the growth and composition of Sultana grapes. *American Journal of Enology and Viticulture* 21, 26-36.

Kliewer, W.M. y Lider. L.A. (1968) Influence of cluster exposure to the sun on the composition of Thompson Seedless fruit. *American Journal of Enology and Viticulture* 19, 175-184.

Kliewer, W.M. y Schultz, H.B. (1964) Influence of environment on metabolism of organic acids and carbohydrates in *Vitis vinifera*. II. Light. *American Journal of Enology and Viticulture* 15, 119-129.

Kliewer, W.M. y Smart, R.E. (1989) Canopy manipulation for optimizing vine microclimate, crop yield and composition of grapes. In *Manipulation of Fruiting*. C.J. Wright (Ed.), pp. 275-291. Butterworth, London.

Kliewer, W.M. y R.E. Torres (1972) Effect of controlled day and night temperatures on grape coloration. *American Journal of Enology and Viticulture* 26, 71-77.

Koblet, W. (1966) Berry set of grape vines related to shoot treatments and climatic factors. *Wein-Wiss.* 7-8, 293-379.

Koblet, W., Candolfi-Vasconcelos, M.C., Zweifel, W. y Howell, G.S. (1994) Influence of leaf removal, rootstock, and training system on yield and fruit composition of Pinot Noir grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture* 45, 181-187.

Kozina, B., Karoglan, M., Herjavec, S., Jeromel, A. y Orlic, S. (2008) Influence of basal leaf removal on the chemical composition of Sauvignon Blanc and Riesling wines. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 6, 28-33.

Lakso, A.N. y Kliewer, W.M. (1975) The influence of temperature on malic acid metabolism in grape berries. I. Enzyme responses. *Plant Physiology* 56, 370-372.

Lambert, S.G. (2002) Copigmentation and its impact on the stabilization of red wine pigments. PhD Thesis (University of Adelaide: Adelaide).

Lamuela Raventós, R.M. y Waterhouse, A.L. (1994) A direct HPLC separation of wine phenolics. *American Journal of Enology and Viticulture* 45, 1-5.

Langcake, P. (1981) Disease resistance of *Vitis* spp. and the production of the stress metabolites resveratrol, ϵ -viniferin, α -viniferin and pterostilbene. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 18, 213-226.

Langcake, P. y Pryce, R.J. (1976) The production of resveratrol by *V. vinifera* and other members of the Vitaceae as a response to infection or injury. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 9, 77-86.

Langcake, P. y Pryce, R.J. (1977) The production of resveratrol and the viniferins by grapevine in response to ultraviolet irradiation. *Phytochemistry* 16, 1193-1196.

Lavee, S., Regev, U. y Samish, R.M. (1967) The determination of induction and differentiation in grape vines. *Vitis* 6, 1-13.

Lavee, S., Erez, A. y Shulman, Y. (1977) Control of vegetative growth of grapevines (*Vitis vinifera*) with 2-chloroethylphosphonic acid (ethephon) and other growth inhibitors. *Vitis* 16, 89-96.

Lawless, H.T. and Heyman, H. (1998) Sensory evaluation of food, Principles and Practices, Aspen Publishers, Gaithersburg, MD, pp. 341-378.

Lebon, G., Brun, O., Mangé, C. y Clement, C. (2005) Photosynthesis of the grapevine (*Vitis vinifera*) inflorescence. *Tree Physiology* 25, 633-639.

Lee, S.H., Seo, M.J., Riu, M., Cotta, J.P., Block, D.E., Dokoozlian, N.K. y Ebeler, S.E. (2007). Vine microclimate and norisoprenoid concentration in Cabernet Sauvignon grapes and wines. *American Journal of Enology and Viticulture* 58, 291-301.

Longbottom, M., Dry, P. y Sedgley, M. (2004) Foliar application of molybdenum pre-flowering: Effects on yield of Merlot. *Australian Grapegrower* 491, 36-39.

Lund, C.M., Nicolau, L., Gardner, R.C. y Kilmartin, P.A. (2009) Effect of polyphenols on the perception of key aroma compounds from Sauvignon Blanc wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 15, 18-26.

Mabrouk, H. y Sinoquet, H. (1998) Indices of light microclimate and canopy structure of grapevines determined by 3D digitising and image analysis, and their relationship to grape quality. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 4, 2-13.

Main, G.L. y Morris, J.R. (2004) Leaf-removal effects on *Cynthiana* yield, juice composition and wine composition. *American Journal of Enology and Viticulture* 55, 147-152.

Mannini, F., Weaver, R.J. y Johnson, J.O. (1981) Effects of early bloom sprays of ethephon on irrigated and nonirrigated vines of Zinfandel grapes. *American Journal of Enology and Viticulture* 32, 277-279.

Mansfield, T.K. y Howell, G.S. (1981) Response of soluble solids accumulation, fruitfulness, cold resistance and onset of bud growth to differential defoliation stress at véraison in Concord grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture* 32, 200-205.

Marais, J., van Wyk, C.J. y Rapp, A. (1992a) Effect of sunlight and shade on norisoprenoid levels in maturing Weisser Riesling and Chenin blanc grapes and Weisser Riesling wines. *South African Journal of Enology and Viticulture* 13, 23-32.

Marais, J., Versini, G., van Wyk, C.J. y Rapp, A. (1992b) Effect of region on free and bound monoterpene and C13-norisoprenoid concentrations in Weisser Riesling wines. *South African Journal of Enology and Viticulture* 13, 71-77.

Marais, J., Hunter, J. J. y Haasbroek, P. D. (1999) Effect of canopy microclimate, season and region on Sauvignon blanc grape composition and wine quality. *South African Journal of Enology and Viticulture* 20, 19–30.

Martínez de Toda, F. (1991) *Biología de la Vid. Fundamentos biológicos de la viticultura*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 346 pp.

Martínez de Toda, F. y Tardáguila, J. (2003) Meccanizzazione e fabbisogni di manodopera dei diversi sistemi di allevamento. En "Forme di allevamento della vite e modalità di distribuzione dei fitofarmaci" pp. 143-158. Ed. Balsari P., Scienza A. Bayer CropScience. Milan (Italia).

Mateus, N., Silva, A.M.S., Santos-Buelga, C., Rivas-Gonzalo, J.C. y de Freitas, V. (2002) Identification of anthocyanin-flavanol pigments in red wines by NMR and mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50, 2110–2116.

Mattivi, F., Reniero, F. y Korhammer, S. (1995) Isolation, characterization, and evolution in red wine vinification of resveratrol monomers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 43, 1820-1823.

May, P. (1965) Reducing inflorescence formation by shading individual Sultana buds. *Australian Journal of Biological Sciences* 18, 463-473.

May, P. (2004) Development after fertilisation. In "Flowering and Fruitset in Grapevines". P. May (Ed.) Lythrum Press, Adelaide, pp. 63-72.

May, P. y Antcliff, A.J. (1963) The effect of shading on fruitfulness and yield in the sultana. *Journal of Horticultural Science* 38, 85-94.

May, P., Shaulis, N.J. y Antcliff, A.J. (1969) The effect of controlled defoliation in the Sultana vine. *American Journal of Enology and Viticulture* 20, 237-250.

May, P., Clingeleffer, P.R. y Brien, C.J. (1976) Sultana (*Vitis vinifera* L.) canes and their exposure to light. *Vitis* 14, 278-288.

Mazza, G. y Miniati, E. (1993) Grapes. In *Anthocyanins in Fruits, Vegetables and Grains*. G. Mazza and E. Miniati (Eds.), pp. 149-195. CRC Press, Boca Raton, FL.

Mendes-Pinto, M.M. (2009) Carotenoid breakdown products the-norisoprenoids-in wine aroma. *Archives of Biochemistry and Physics* 483, 236-245.

Mescalchin, E., Bottura, M., Cainelli, R., Fellin, F., Gobber, M., Lucin, R., Margoni, M., Mattedi, F., Michelotti, F., Patton, A., Penner, F. y Ribolli, F. (2008) Sfogliare precocemente la vite per evitare scottature e botrite. *Informatore Agrario* 17, 39-47.

McCloskey, L.P. y Yengoyan, L.S. (1981) Analysis of anthocyanins in *Vitis vinifera* wines and red color versus aging by HPLC and spectrometry. *American Journal of Enology and Viticulture* 32, 257-261.

Miller, D.P., Howell, G.S. y Flore, J.A. (1996) Influence of shoot number and crop load on potted Chambourcin grapevines. I. Morphology and dry matter partitioning. *American Journal of Enology and Viticulture* 47,380-388.

Monagas, M., Suárez, R., Gómez-Cordovés, C. y B. Bartolomé. (2005) Simultaneous determination of nonanthocyanin phenolic compounds in red wines by HPLC-DAD/ESI-MS. *American Journal of Enology and Viticulture* 56, 139-147.

Morris, J.R. y Oldridge, T.L. (2002) University of Arkansas. Vineyard apparatus, system, and method for vineyard mechanization. U.S. patent 6,374,538.

Morris, J.R., Main, G.L. y Oswald, O.L. (2004) Flower cluster and shoot thinning for crop control in French-american hybrid grapes. *American Journal of Enology and Viticulture* 55, 423-426.

Morrison, J.C. y Noble, A.C. (1990) The effects of leaf and cluster shading on the composition of Cabernet Sauvignon grapes and on fruit and wine sensory properties. *American Journal of Enology and Viticulture* 41, 193-200.

Myers, J.K., Wolpert, J.A. y Howell, G.S. (2008) Effect of shoot number on the leaf area and crop weight relationship of young Sangiovese grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture* 59, 422-424.

Nagel, C.W. y Wulf, L.W. (1979) Changes in the anthocyanins, flavonoids and hydroxycinnamic acid esters during fermentation and aging of Merlot and Cabernet Sauvignon. *American Journal of Enology and Viticulture* 30, 111-116.

Noble, A.C., Elliott-Fisk, D.L. y Allen, M.S. (1995) Vegetative flavor and methoxypyrazines in Cabernet Sauvignon: Effect of soil, vine growth and light on wine flavor and methoxypyrazines. In *Fruit Flavors: Biogenesis, Characterization, and Authentication*. R.L. Rouseff and M.M. Leahy (Eds.), pp. 226-234. ACS Symp. Ser. 596. Am. Chemical Society, Washington, DC.

O.I.V. (1983) Codes des caractères descriptifs des variétés et espèces de *Vitis*. Dedon, Paris.

O.I.V. (1990) International analysis methods of wines and must. Paris.

O.I.V. (2009) Elementos de coyuntura vitivinícola mundial disponibles a principios de octubre de 2009.

Ojeda, H. y Deloire, A. (1999) Berry development of grapevines: Relations between the growth of berries and their DNA content indicate cell multiplication and enlargement. *Vitis* 38, 145-150

Ollat, N. y Gaudillere, J.P. (1998) The effect of limiting leaf area during stage I of berry growth on development and composition of berries of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. *American Journal of Enology and Viticulture* 49, 251-258.

Ough, C.S. y Nagaoka, R. (1984) Effect of cluster thinning and vineyard yields on grape and wine composition and wine quality of Cabernet Sauvignon. *American Journal of Enology and Viticulture* 35, 30-34.

Palliotti, A., Cartechini, A. y Ferranti, F. (2000) Morpho-anatomical and physiological characteristics of primary and lateral shoot leaves of Cabernet Franc and Trebbiano Toscano grapevines under two irradiance regimes. *American Journal of Enology and Viticulture* 51, 122-130.

Park, S.K., Morrison, J.C., Adams, D.O. y Noble, A.C. (1991) Distribution of free and glycosidically bound monoterpenes in the skin and mesocarp of Muscat of Alexandria grapes during development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 39, 514-518.

Percival, D.C., Fisher, K.H. y Sullivan, J.A. (1994) Use of fruit zone leaf removal with *Vitis vinifera* L. cv. Riesling grapevines. II. Effect on fruit composition, yield, and occurrence of bunch rot (*Botrytis cinerea* Pers.: Fr.). *American Journal of Enology and Viticulture* 45, 133-139.

Pereira, G.E., Gaudiller, J.P., Pieri, P., Hilbert, G., Maucourt, M., y Deborde, C., Moing A. y Rolin, D. (2006) Microclimate influence on mineral and metabolic profiles of grape berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54, 6765-6775.

Petrie, P.R., Trought, M.C.T. y Howell, G.S. (2000) Growth and dry matter partitioning of Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.) in relation to crop load. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 6, 40-45.

Petrie, P.R., Trought, M.C.T., Howell, G.S. y Buchan, G.D. (2003) The effect of leaf removal and canopy height on whole-vine gas exchange and fruit development of *Vitis vinifera* L. Sauvignon blanc. *Functional Plant Biology* 30, 711-717.

Petrie, P.R. y Clingeleffer, P.R. (2005) Effects of temperature and light (before and after budburst) on inflorescence morphology and flower number of Chardonnay grapevines (*Vitis vinifera* L.). *Australian Journal of Grape and Wine Research* 11, 59-65.

Petrie, P.R. y Clingeleffer, P.R. (2006) Crop thinning (hand versus mechanical), grape maturity and anthocyanin concentration: outcomes from irrigated Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) in a warm climate. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 12, 21-29.

Petrie, P.R., Trought, M.C.T. y Howell, G.S. (2000a) Growth and dry matter partitioning of Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.) in relation to leaf area and crop load. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 6, 40-45.

Petrie, P.R., Trought, M.C.T. y Howell, G.S. (2000b) Fruit composition and ripening of Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.) in relation to leaf area. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 6, 46-51.

Phelps, G.W. (1999) The influence of site, crop load and cluster exposure on Pinot Noir fruit composition in Canterbury. MSc Thesis, Lincoln University, New Zealand.

Pirie, A.J.G. (1977) Phenolics accumulation in red wine grapes (*Vitis vinifera* L.). PhD Thesis. University of Sydney, Sydney, Australia.

Poni, S. y Giachino, E. (2000) Growth, photosynthesis and cropping of potted grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon) in relation to shoot trimming. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 3, 216-226.

Poni, S., Bernizzoni, F., Presunto, P. y Rebucci, B. (2004) Performance of Croatia under short-cane mechanical hedging: A successful case of adaptation. *American Journal of Enology and Viticulture* 55, 379-388.

Poni, S., Bernizzoni, F., Briola, G. y Cenni, A. (2005) Effects of early leaf removal on cluster morphology, shoot efficiency and grape quality in two *Vitis vinifera* cultivars. *Acta Horticulturae* 689, 217-225.

Poni, S., Casalini, L., Bernizzoni, F., Civardi, S. y Intriari, C. (2006) Effects of early defoliation on shoot photosynthesis, yield components, and grape quality. *American Journal of Enology and Viticulture* 57, 397-407.

Poni, S., Bernizzoni, F. y Civardi, S. (2008) The effect of early leaf removal on whole-canopy gas exchange and vine performance of *Vitis vinifera* L. "Sangiovese". *Vitis*, 47, 1-6.

Poni, S., Bernizzoni, F., Civardi, S. y Libelli, N. (2009) Effects of pre-bloom leaf removal on growth of berry tissues and must composition in two red *Vitis vinifera* L. cultivars. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 15, 185-193.

Pool, R.M., Pratt, C. y Hubbard, H.D. (1978) Structure of base buds in relation to yield of grapes. *American Journal of Enology and Viticulture* 29, 36-44.

Pool, R.M., Dunst, D.C., Crowe, H., Hubbard, G.E., Howard, G.E. y De Golier, G. (1993) Predicting and controlling crop on machine or minimal pruned grapevines. In: *Proceedings of 2nd N.J. Shaulis Grape Symposium: Pruning mechanization and crop control*. Cornell University, New York State Agriculture Experiment Station. New York, pp. 31-45.

Possner, D.R.E. y Kliewer, W.M. (1985) The localisation of acids, sugars, potassium and calcium into developing grape berries. *Vitis* 24, 229-240.

Price, S.F. (1994) Sun exposure and grape phenolic compounds. Thesis, Oregon State University.

Price, S.F., Breen, P.J., Valladao, M. y Watson, B.T. (1995) Cluster sun exposure and quercetin in grapes and wine. *American Journal of Enology and Viticulture* 46, 187-194.

Quinlan, J.D. y Weaver, J.R. (1970) Modification of pattern of photosynthate movement within and between shoots of *Vitis vinifera* L. *Plant Physiol.* 46, 527-530.

Razungles, A.J., Baumes, R.L., Dufour, C., Sznaper, C.N. y Bayonove, C.L. (1998) Effect of sun exposure on carotenoids and C13-norisoprenoid glycosides in Syrah berries (*Vitis vinifera* L.). *Sciences des Aliments* 18, 361–373.

Revilla, E., García-Beneytez, E. y Cabello, F. (2009) Anthocyanin fingerprint of clones of Tempranillo grapes and wines made with them. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 15, 70-78.

Reynolds, A. G. (1989) Riesling grapes respond to cluster thinning and shoot density manipulation. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 114, 364-368.

Reynolds, A.G., Pool, R.M. y Mattick, L. (1986) Influence of cluster exposure on fruit composition and wine quality of Seyval blanc grapes. *Vitis* 25, 85-95.

Reynolds, A.G. y Wardle, D.A. (1989) Influence of fruit microclimate on monoterpene levels of Gewürztraminer. *American Journal of Enology and Viticulture* 40, 149-154.

Reynolds, A.G., Edwards, C.G., Wardle, D.A., Webster, D. y Dever, M. (1994a) Shoot density affects 'Riesling' grapevines. II. Wine composition and sensory response. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 119, 881-892.

Reynolds, A.G., Price, S.F., Wardle, D.A. y Watson, B.T. (1994b) Fruit environment and crop level effects on Pinot Noir. I. Vine performance and fruit composition in British Columbia. *American Journal of Enology and Viticulture* 45, 452–459.

Reynolds, A.G., Yerle, S., Watson, B., Price, S.F. y Wardle, D.A. (1996) Fruit environment and crop level effects on Pinot Noir. III. Composition and descriptive analysis of Oregon and British Columbia wines. *American Journal of Enology and Viticulture* 47, 329-339.

Reynolds, A.G., Molek, T. y De Savigny, C. (2005) Timing of shoot thinning in *Vitis vinifera*: Impacts on yield and fruit composition variables. *American Journal of Enology and Viticulture* 56, 343-356.

Reynolds, A.G., Schlosser, J., Power, R., Roberts, R., Willwerth, J. y de Savigny, C. (2007) Magnitude and interaction of viticultural and enological effects. I. Impact of canopy management and yeast strain on sensory and chemical composition of Chardonnay Musqué. *American Journal of Enology and Viticulture* 58, 12-24.

Ristic, R., Downey, M.O., Iland, P.G., Bindon, K., Francis, I.L., Herderich, M. y Robinson, S.P. (2007) Exclusion of sunlight from Shiraz grapes alters wine colour, tannins and sensory properties. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 13, 53-65.

Roby, G. y Matthews, M.A. (2004) Relative proportions of seed, skin and flesh, in ripe berries from Cabernet Sauvignon grapevines grown in a vineyard either well

irrigated or under water deficit. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 10, 74–82.

Rogiers, S.Y., Greer, D.H., Hatfield, J.M., Orchard, B.A. y Keller, M. (2006) Mineral sinks within ripening grape berries (*Vitis vinifera* L.). *Vitis* 45, 115-123.

Roujou de Boubee, D., Cumsille, A. M., Pons, M. y Dubourdieu, D. (2002) Location of 2-methoxy-3-isobutylpyrazine in Cabernet Sauvignon grape bunches and its extractability during vinification. *American Journal of Enology and Viticulture* 53, 1-5.

Rousseau, J. y Delteil, D. (2000) Présentation d'une méthode d'analyse sensorielle des baies de raisin. Principe, méthode, interpretation. *Revue Française d'Oenologie*, 183, 10-13.

Ryan, K., Swinny, E. E., Markham, K. R. y Winefeld, C. (2002) Flavonoid gene expresión and UV photoprotection in transgenic and mutante *Petunia* leaves. *Phytochemistry* 59, 23-32.

Ryona, I., Pan, B.S., Intrigliolo, D.S., Lakso, A.N. y Sacks, G.L. (2008) Effects of cluster light exposure on 3-Isobutyl-2-methoxypyrazine accumulation and degradation patterns in red wine grapes (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Franc). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, 10838-10846.

Sampaio, T.L., Kennedy, J.A. y Vasconcelos, M.C. (2007) Use of microscale fermentations in grape and wine research. *American Journal of Enology and Viticulture* 58, 534-539.

Sánchez, L.A. y Dokoozlian, N. (2005) Bud microclimate and fruitfulness in *Vitis vinifera* L. *American Journal of Enology and Viticulture* 56, 319-329.

Singleton, V.L., Timberlake, C.F. y Lea, A.G.H. (1978) The phenolic cinnamates of white grapes and wines. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 29, 403-410.

Singleton, V.L. y Trousdale, E. (1983) White wine phenolics: Varietal and processing differences as shown by HPLC. *American Journal of Enology and Viticulture* 34, 27-34.

Singleton, V.L., Zaya, J. y Trousdale, E. (1986) Compositional changes in ripening grapes: Caftaric and coutaric acids. *Vitis* 25, 107-117.

Smart, R.E. (1985) Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implications for yield and quality. A review. *American Journal of Enology and Viticulture* 36, 230-239.

Smart, R.E., Shaulis, N.J. y Lemon, E.R. (1982) The effect of Concord vineyard microclimate on yield. II. The interrelationships between microclimate and yield expresión. *American Journal of Enology and Viticulture* 33, 106-116.

Smart, R. y Sinclair, T.R. (1976) Solar heating of grape berries and other spherical fruits. *Agricultural and Forest Meteorology* 17, 241-259.

Smart, R.E, Robinson, J.B., Due, G.R. y Brien, C.J. (1985) Canopy microclimate modification for the cultivar Shiraz. II. Effects on must and wine composition. *Vitis* 24, 119-128.

Smart, R.E. y Robinson, M. (1991) *Sunlight into the Wine: A Handbook for Winegrape Canopy Management*. Winetitles, Adelaide, 88 pp.

Sommer, K.J., Islam, M.T. y Clingeleffer, P.R. (2000) Light and temperature effects on shoot fruitfulness in *Vitis vinifera* L. cv. Sultana: Influence of trellis type and grafting. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 6, 99-108.

Somers, T. C. y Evans, M. E. (1974) Wine quality s Correlations with color density and anthocyanin equilibria in a group of young red wines. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 25, 1369–1379.

Somers, T.C. y Evans, M.E. (1979) Grape pigment phenomena: interpretation of major colour losses during vinification. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 30, 623–633.

Somers, T.C. y Vérette, E. (1988) Phenolic composition of natural wine types. In: 'Wine analysis'. Eds H.-F. Linskens and J.F. Jackson (Springer-Verlag: Berlin) pp. 219–257.

Spayd, S.E., Tarara, J.M., Mee, D.L. y Ferguson, J.C. (2002) Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. *American Journal of Enology and Viticulture* 53, 171-782.

Staff, S.L., Percival, D.C., Sullivan, J.A. y Fisher, K.H. (1997) Fruit zone leaf removal influences vegetative, yield, disease, fruit composition, and wine sensory attributes of *Vitis vinifera* L. "Optima" and "Cabernet franc". *Canadian Journal of Plant Science* 77, 149-153.

Steel, R.G.D., Torrie, J.H. y Dickey, D.A. (1997) *Principes and procedures of statistic. A biometrical approach*. McGraw-Hill Series in Probability and Statistics. 3th Ed.. Boston, Massachusetts.

Szyjewicz, E., Rosner, N. y Kliewer, W. M. (1984) Etephon ((2-chloroethyl) phosponic acid, CEPA) in viticulture-A review. *American Journal of Enology and Viticulture* 35, 117-123.

Tarara, J., Lee, J., Spayd, S.E. y Scagel, C.F. (2008) Berry temperature and solar radiation alter acylation proportion, and concentration of anthocyanins in Merlot grapes. *American Journal of Enology and Viticulture* 59, 235-247.

Tardáguila, J. (2009) La cepa y sus formas. Técnicas de manejo de viñedo. En: *La Rioja, sus viñas y su vino*. Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Gobierno de La Rioja. 1ª Ed. Logroño, La Rioja. pp. 99-109.

Tardáguila, J., Njegovan, M., Downey, M. y Kristic, M. (2005) Determining the effect on bunch thinning of Sangiovese and Grenache composition. In *Proceedings International Workshop on Advances in Grapevine and Wine Research*. Venosa, Italy, pp. 194.

Tardáguila, J., Petrie, P.P., Poni, S., Diago, M.P. y Martinez de Toda, F. (2008a) Effects of mechanical thinning on yield and fruit composition of Tempranillo and Grenache grapes trained to a vertical shoot-positioned canopy. *American Journal of Enology and Viticulture* 59, 412-417.

Tardáguila, J., Diago, M.P., Martínez de Toda, F., Poni, S. y Vilanova, M. (2008b) Effects of timing of leaf removal on yield, berry maturity, wine composition and sensory properties of cv. Grenache grown under non irrigated conditions. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 42, 221-229.

Tarter, M.E. y Keuter, S.E. (2005) Effect of rachis position on size and maturity of Cabernet Sauvignon berries. *American Journal of Enology and Viticulture* 56, 86-89.

Trought, M.C.T., Tannock, S.J.C. y Harkness, E.M. (1997) Berry size and soluble solids variation within a bunch of grapes. In *Proceedings of the Fourth International Symposium of Cool Climate Viticulture and Enology*. T. Henick-Kling and T.E. Wolf (Eds.) pp. 70-73. Rochester, New York.

Tsanova-Savova S., Dimov, S. y Ribarova, F. (2002) Anthocyanins and color variables of Bulgarian aged red wines. *Journal of Food Composition and Analysis* 15, 647-654.

Tsao, R. y Yang, R. (2003) Optimization of a new mobile phase to know the complex and real polyphenolic composition: towards a total phenolic index using high performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1018, 29-40.

Valentova, H., Skronvankova, S., Panovska, Z. y Pokorny, J. (2002) Time-intensity studies of astringent taste. *Food Chemistry* 78, 29-37.

Van Wyk, C.J. (1977) Improvement of wine quality in hot climates by adaption of winemaking techniques. En: *Proceedings of the O.I.V. Symposium on the quality of the vintage*, pp. 313-330. Oenological and viticultural research institute, Stellenbosch, South Africa.

Vasconcelos, M.C. y Castagnoli, S. (2000) Leaf canopy structure and vine performance. *American Journal of Enology and Viticulture* 51, 390-396.

Vasconcelos, M.C., Greven, M., Winefield, C.S., Trought, M.C.T. y Raw, V. (2009) The flowering process of *Vitis vinifera*: A review. *American Journal of Enology and Viticulture* 60, 411-434.

Walker, R.R., Blackmore, D.H., Clingeleffer, P.R., Kerridge, G.H., Rühl, R.H. y Nicholas, P.R. (2005) Shiraz berry size in relation to seed number and implications for juice and wine composition. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 11, 2-8.

Weaver, R.J. (1960) Toxicity of gibberellin to seedless and seeded varieties of *Vitis vinifera*. *Nature*, 187, 1135-1136.

Weaver, R.J. y Pool, R.M. (1971a) Chemical thinning of grape clusters (*Vitis vinifera* L.). *Vitis* 10, 201-209.

Weaver, R.J. y Pool, R.M. (1971b) Effect of ethephon and a morphactin on growth and fruiting of "Thompson Seedless" and "Carignane" grapes. *American Journal of Enology and Viticulture* 22, 234-239.

Wicks, A.S. y Kliwer, W.M. (1983) Further investigations into the relationship between anthocyanins, phenolics and soluble carbohydrates in grape berry skins. *American Journal of Enology and Viticulture* 34, 114-116.

Williams A.A., Langron, S.P. y Noble, A.C. (1984) Influence of appearance of the assessment of aroma in Bordeaux wines by trained assessors. *Journal of the Institute of Brewing* 90, 250-253.

Williams, C.M.J., Maier, N.A. y Bartlett, L. (2004) Effect of molybdenum foliar sprays on yield, berry size, seed formation, and petiolar nutrient composition of "Merlot" grapevines. *Journal of Plant Nutrition* 27, 1891-1916.

Winkler, A. J., Cook, J. A., Kliewer, W. M. y Lider, L. A. *General viticulture*. University of California Press, Berkeley (1974).

Wolf, T.K., Zoecklein, B.W. Cook, M.K. y Cottingham, C.K. (1990) Shoot tipping and ethephon effects on white Riesling grapes and grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture* 41, 330-341.

Zoecklein, B.W., Wolf, T.K., Duncan, N.W., Judge, J.M. y Cook, M.K. (1992) Effects of fruit zone leaf removal on yield, fruit composition, and fruit rot incidence of Chardonnay and White Riesling (*Vitis vinifera* L.) grapes. *American Journal of Enology and Viticulture* 43, 139-148.

Zoecklein, B.W., Wolf, T.K., Duncan, S.E., Marcy, J.E. y Jasinski, Y. (1998a) Effect of fruit zone leaf removal on total glycoconjugates and conjugate fraction concentration of Riesling and Chardonnay (*Vitis vinifera* L.) grapes. *American Journal of Enology and Viticulture* 49, 259-265.

Zoecklein, B.W., Wolf, T.K., Marcy, J.E. y Jasinski, Y. (1998b) Effect of fruit zone leaf thinning on total glycosides and selected aglycone concentrations of Riesling (*Vitis vinifera* L.) grapes. *American Journal of Enology and Viticulture* 49, 35-43.

MARIA PAZ DIAGO SANTAMARÍA

