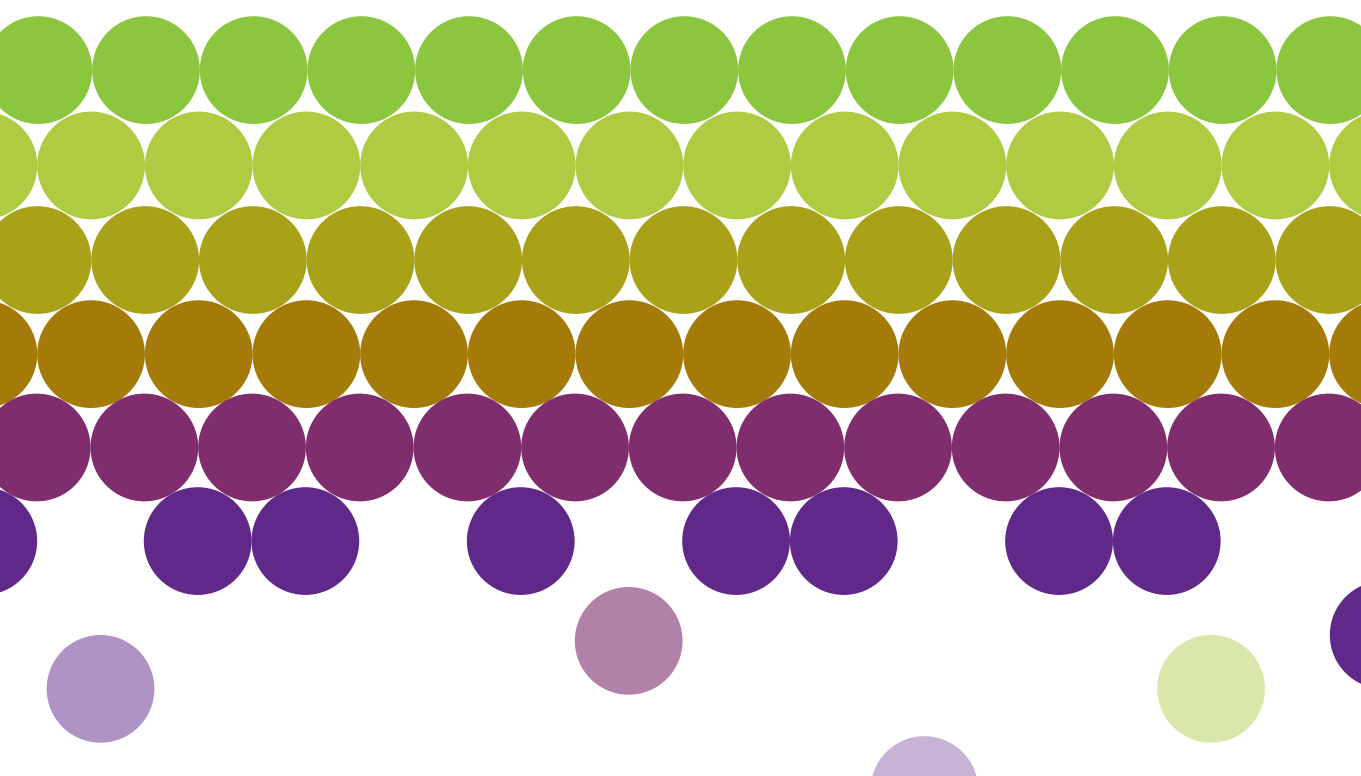




UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA

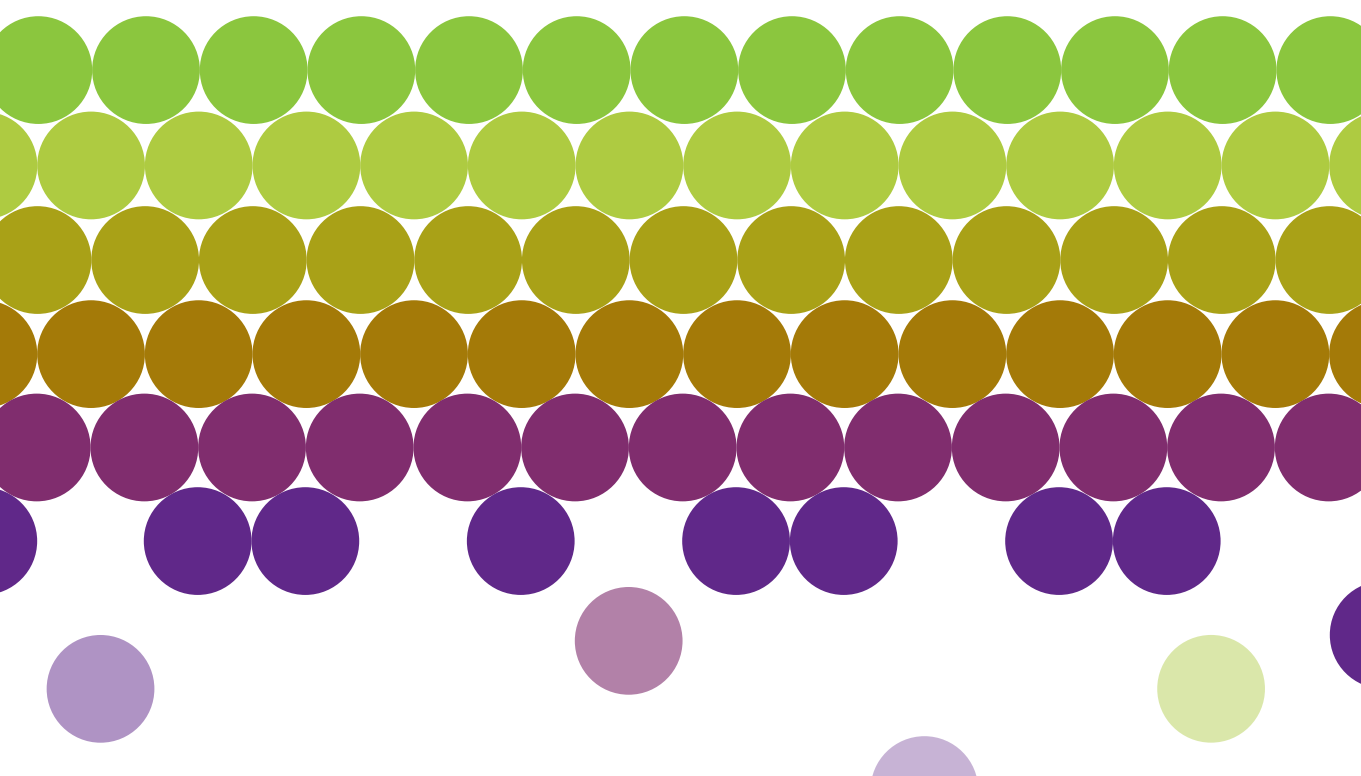


TESIS DOCTORAL

ACLAREO MECÁNICO EN VITICULTURA:
EFECTOS SOBRE LOS COMPONENTES DE
LA PRODUCCIÓN, Y LA COMPOSICIÓN
DE LA UVA Y DEL VINO

JUAN ANTONIO BLANCO HERNÁEZ

MARZO 2013



TESIS DOCTORAL

ACLAREO MECÁNICO EN VITICULTURA:
EFECTOS SOBRE LOS COMPONENTES DE
LA PRODUCCIÓN, Y LA COMPOSICIÓN
DE LA UVA Y DEL VINO

JUAN ANTONIO BLANCO HERNÁEZ





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 “**ACLAREO MECÁNICO EN VITICULTURA: EFECTOS SOBRE LOS COMPONENTES DE LA PRODUCCIÓN, Y LA COMPOSICIÓN 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 **D. Juan Antonio Blanco Hernández**.

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, 21 de enero de 2013

Dr. Javier Tardáguila Laso
DIRECTOR DE LA INVESTIGACIÓN



El presente trabajo de investigación sobre Aclareo Mecánico 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 aclareo manual para reducir la producción del viñedo: Aplicación del deshojado precoz y del aclareo mecánico". Asimismo, es necesario reconocer la participación activa de 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

Quiero agradecer en primer lugar a mi director, el Prof. Javier Tardáguila, su amistad, su dedicación, apoyo, consejos, entusiasmo, trabajo y ayuda, que ha hecho posible este trabajo de investigación.

Gracias al Prof. Fernando Martínez de Toda por su amistad, colaboración, sugerencias en el diseño y ejecución de este trabajo, y así como por impulsar el desarrollo de este proyecto de investigación

Quiero manifestar también mi sincero agradecimiento a mi amiga, la Dra. María Paz Diago, por sus consejos, colaboración, apoyo y amistad, así como por compartir conmigo su sabiduría.

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

Asimismo, agradecer a la Prof. Belén Ayestarán, por su disponibilidad, colaboración y sugerencias en la realización de los análisis de uva y vino.

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

Quisiera agradecer de forma sincera el apoyo 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 Gorka Etxebarria y Rosendo Marqués de Bodegas Burgo Viejo por su total disponibilidad y ayuda.

A la familia Herrero de "Heredad de Vistahermosa" por su ayuda y colaboración en cualquier proyecto.

A Natalia Astudillo por su colaboración y comprensión.

A mi familia, especialmente a mis abuelos (Concha, Puri y Antonio), a mis amigos de toda la vida y a mis amigos de enología, por su apoyo y ayuda constante.

Por último agradezco a mis padres, Balbi y Juan POR SER EJEMPLOS EN MI VIDA, a mi hermana Marta y a Tati por APOYARME SIEMPRE.



PUBLICACIONES

DIAGO, M.P., VILANOVA, M., BLANCO, J.A., TARDAGUILA, J. (2010)
Effects of mechanical thinning on fruit and wine
composition and sensory attributes of Grenache and
Tempranillo varieties (*Vitis vinifera* L.). Australian
Journal Grape and Wine Research, 16, 314-326.

TARDÁGUILA, J., BLANCO, J.A., PONI, S., DIAGO, M.P. (2012)
Mechanical yield regulation in winegrapes: Comparison of
early defoliation and crop thinning. Australian Journal
of Grape and Wine Research, 18, 344-352.



Resumen

Abstract

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes e importancia del sector vitivinícola	1
1.2. Factores vitícolas y calidad de la uva	5
1.3. Manejo en verde del viñedo	9
1.4. Principios generales del manejo en verde del viñedo	13
1.5. Control del rendimiento productivo del viñedo	17
1.6. Técnicas para el control de la producción de uva del viñedo	19
1.6.1. La poda	19
1.6.2. El despampanado	20
1.6.3. Aclareo químico	21
1.6.4. Deshojado precoz	22
1.6.5. Aclareo manual de racimos	26
1.7. Control mecanizado del rendimiento: aclareo mecánico	31

2. OBJETIVOS 39

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Viñedos experimentales: características generales	43
3.1.1. Viñedo de Tempranillo (<i>Vitis vinifera</i> L.)	43
3.1.2. Viñedo de Garnacha (<i>Vitis vinifera</i> L.)	44
3.2. Características edáficas de los viñedos	45
3.2.1. Viñedo de Tempranillo (<i>Vitis vinifera</i> L.)	45
3.2.2. Viñedo de Garnacha (<i>Vitis vinifera</i> L.)	46

3.3. Características climáticas	49
3.3.1. Viñedo de Tempranillo (<i>Vitis vinifera</i> L.)	49
3.3.2. Viñedo de Garnacha (<i>Vitis vinifera</i> L.)	50
3.4. Tratamientos y diseño experimental	53
3.5. Ejecución del aclareo mecánico por vibración	57
3.6. Componentes de la producción	61
3.6.1. Producción de uva por cepa	61
3.6.2. Morfología del racimo y peso de la baya	62
3.6.3. Compacidad del racimo	62
3.7. Estado sanitario de la uva	63
3.8. Superficie foliar	65
3.9. Evolución de la maduración de la uva	67
3.10. Composición y características químicas	
de la uva en vendimia	69
3.10.1. Análisis de azúcares y acidez	69
3.10.2. Determinación de antocianos y polifenoles	71
3.11. Vinificaciones	73
3.12. Composición y características sensoriales del vino	79
3.12.1. Análisis físicoquímico del vino	79
3.12.2. Análisis sensorial del vino	80
3.13. Análisis estadístico	85

4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Parámetros agronómicos	93
4.1.1. Componentes de la producción	93
4.1.2. Estado sanitario de la uva	131
4.1.3. Superficie foliar	135

4.1.4. Equilibrio vegetativo-productivo	139
4.2. Evolución de la maduración de la uva	143
4.3. Composición de la uva en vendimia	153
4.3.1. Composición de los racimos "no dañados"	153
4.3.2. Composición de los racimos "dañados"	163
4.3.3. Correlación entre la composición de la uva y la relación hoja-fruto	169
4.4. Composición y características sensoriales del vino	177
4.4.1. Composición del vino	177
4.4.2. Análisis sensorial de los vinos	188
5. CONCLUSIONES	205
6. BIBLIOGRAFÍA	213

ACLAREO MECÁNICO EN VITICULTURA: EFECTOS SOBRE LOS COMPONENTES DE LA PRODUCCIÓN, Y LA COMPOSICIÓN DE LA UVA Y DEL VINO

Introducción y objetivos: La regulación de la producción de uva de una forma eficaz y competitiva es muy importante en una viticultura sostenible. El objetivo de este trabajo era comprobar si el aclareo mecánico de racimos puede ser una técnica capaz de regular el rendimiento productivo del viñedo, manteniendo o mejorando la calidad de la uva y del vino.

Metodología: Se realizó el aclareo mecánico con vendimiadora en dos épocas (a cierre de racimo y al inicio del envero), con distintas intensidades de los sacudidores en dos viñedos de Tempranillo y Garnacha (*Vitis vinifera* L.), ubicados en La Rioja (España). Se analizó el impacto del aclareo mecánico sobre los componentes de la producción, la sanidad de la uva, la superficie foliar y el equilibrio vegetativo-productivo. También se estudiaron los efectos del aclareo mecánico sobre la composición de la uva y del vino.

Resultados: El aclareo mecánico redujo el número de racimos y el peso del racimo, y causó un descenso del rendimiento de uva, tanto en Tempranillo como en Garnacha. El aclareo con vendimiadora no alteró la sanidad de los racimos, incluso cuando el aclareo mecánico se realizaba en inicio de envero. Aumentó la relación hoja/fruto al no eliminar hojas en su ejecución y disminuir parte de la producción de uva. El descenso de la producción de uva no dependió ni de la época ni de la intensidad de aclareo mecánico. A pesar de esta reducción del rendimiento de uva, el aclareo mecánico no alteró sustancialmente la madurez tecnológica pero si mejoró la madurez fenólica, especialmente en la variedad Tempranillo. No modificó sustancialmente el grado alcohólico de los vinos pero si aumentó su color y el contenido de polifenoles de los vinos de Tempranillo.

Conclusiones: El aclareo mecánico se ha mostrado como una nueva técnica de cultivo potente y capaz de regular el rendimiento productivo del viñedo, y mejorar la calidad de la uva y del vino.

Importancia e impacto: El aclareo mecánico podría ser una innovadora y eficaz técnica para regular el control del rendimiento de uva del viñedo.

Palabras clave: Aclareo mecánico, vendimiadora, componentes de la producción, composición de la uva, composición del vino, Tempranillo, Garnacha.

MECHANICAL THINNING IN VITICULTURE: EFFECTS ON YIELD COMPONENTS, AND GRAPE AND WINE COMPOSITION

Introduction and objectives: Grape yield regulation performed in an efficient and competitive way is a key matter for sustainable viticulture. The goal of this work was to test the capabilities of mechanical cluster thinning to regulate the vineyard's yield while maintaining or improving grape and wine quality.

Methodology: Mechanical cluster thinning was carried out with a conventional harvester at two timings (bunch closure and the beginning of veraison), and at different beater frequencies, in two commercial vineyards of Tempranillo and Grenache (*Vitis vinifera* L.), located in La Rioja, (Spain). The impact of mechanical cluster thinning on yield components, fruit health, leaf area and leaf-to-fruit balance was studied. The effects of mechanical cluster thinning on grape and wine composition were also investigated.

Results: Grape yield was reduced by mechanical cluster thinning and both cluster weight and the number of clusters per vine were diminished in Tempranillo and Grenache cultivars, regardless of the timing and intensity of the mechanical operation.

Mechanical cluster thinning performed with a conventional harvester did not alter the fruit health status, not even when it was conducted at veraison. Moreover, the leaf-to-fruit ratio increased in mechanically-thinned vines as no leaf area was removed and grape yield got reduced. Despite the yield decrease, mechanical cluster thinning did not substantially modify the technological grape maturity, but it indeed led to improved phenolic maturity, especially in Tempranillo berries. Similarly, the alcoholic content of wines was not largely changed by mechanical cluster thinning but wine color and phenolic content increased significantly in Tempranillo wines.

Conclusions: Mechanical cluster thinning has proved to be a powerful technique capable of regulating the vineyard's yield and of improving grape and wine quality.

Importance and impact: Mechanical cluster thinning could become an innovative and efficient technique to successfully regulate the vineyard's yield.

Keywords: Mechanical cluster thinning, harvester, yield components, grape composition, wine composition, Tempranillo, Grenache.



INTRODUCCIÓN



1.1 ANTECEDENTES E IMPORTANCIA DEL SECTOR VITIVINÍCOLA

El sector vitivinícola tiene una gran importancia, debido a su valor económico, social, cultural y medioambiental, tanto en España como en Europa. España es el país con mayor superficie vitícola (15% de la extensión vitícola mundial y 30% del viñedo europeo) y el tercer país productor de vino del mundo (ICEX, 2008). De hecho, según datos del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente analizados por el Observatorio Español del Mercado del Vino en 2011, España cuenta con 970.465 hectáreas de viñedo, de las que el 95,4 % se destina a la producción de uva de vinificación. El 33% del viñedo español es de regadío (333.459 ha) y ocupa el 10% de la superficie total agraria a nivel nacional.

El cultivo de la vid en España se extiende por todas las comunidades autónomas. Según el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2009), las Comunidades Autónomas más densamente ocupadas por viñedos son La Rioja (9,8%), Castilla la Mancha (7,3%),

Murcia (3,65%), la Comunidad Valenciana (3,65%), Navarra (2,64%), Extremadura (2,12%), Cataluña (1,91%), País Vasco (1,68%), Madrid (1,62%) y Canarias (1,17%), seguidas de Aragón (0,98%), Galicia (0,88%), Castilla y León (0,73%), Baleares (0,63%) y Andalucía (0,43%). La superficie que el viñedo ocupa en el total de la superficie cántabra y asturiana es anecdótica.

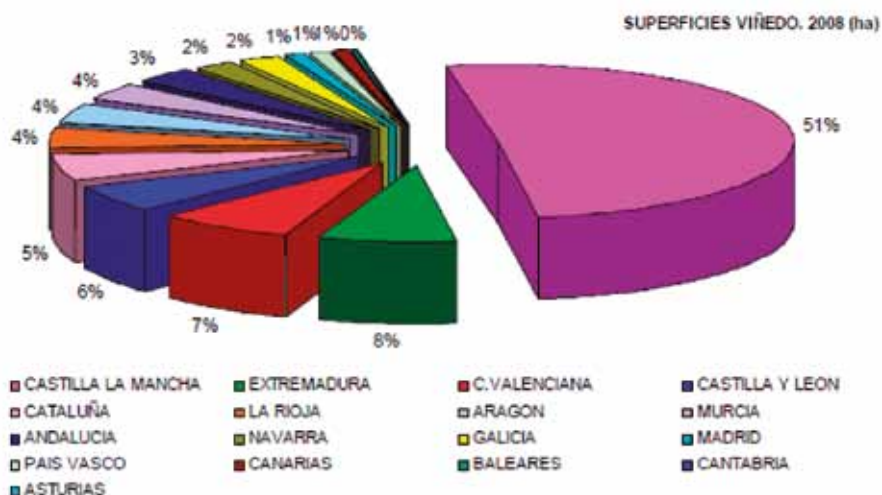


Figura 1.1. Porcentaje de viñedo en la distintas Comunidades Autónomas españolas. (Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente).



Teniendo en cuenta sólo la superficie española ocupada por el viñedo, el 51% de ésta se concentra en Castilla la Mancha (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente 2009), seguido por el resto de Comunidades con porcentajes inferiores al 10%, como se puede observar en la Figura 1.1. En la D.O.Ca. Rioja se cultivan 61.960 ha de viñedo (Figura 1.2), y se producen cerca de 255 millones de litros de calidad reconocida (D.O.Ca. Rioja, 2010).



Figura 1.2. Viñedos de la D.O.Ca Rioja, donde la vitivinicultura adquiere una enorme importancia social, económica y cultural.



La gran importancia económica, social y medioambiental del sector vitivinícola, y su despegue, aún mayor si cabe en la última década, han promovido la necesidad de practicar una viticultura más competitiva, obteniendo uva de alta calidad a unos costes de producción sostenibles. Para ello es necesario disponer de nuevas tecnologías y técnicas de gestión innovadoras. La búsqueda de la innovación permanente, no sólo en el producto, sino en el proceso productivo, será clave para la competitividad del sector vitivinícola español.



1.2. FACTORES VITÍCOLAS Y CALIDAD DE LA UVA

Son numerosos los factores vitícolas que influyen en el desarrollo y la composición de la uva. El análisis global de este sistema complejo de factores, con numerosas relaciones de interdependencia entre las variables (genotipo, ambiente edafo-climático y técnicas de cultivo) es fundamental para poder entender el proceso productivo vitícola (Jackson y Lombard, 1993). Así, desde el punto de vista genético se deben considerar por una parte la variedad, y por otra el portainjerto. Las condiciones climáticas tienen un papel importante en la fisiología de la planta, condicionando los procesos de síntesis, traslocación y acumulación, e influyendo por tanto en el crecimiento y en la maduración. El suelo influye según su naturaleza, capacidad para acumular agua, régimen térmico, y su fertilidad agronómica.

La capacidad de síntesis de carbohidratos depende del genotipo (Chaves et al., 1987), de la relación fuente-sumidero de hidratos de carbono, de la edad y del contenido en clorofila de la hoja. Las hojas alcanzan su máxima productividad cuando llegan a su tamaño máximo, es decir a los 35-40 días de desarrollo después mantienen la actividad máxima durante 2-3 semanas y posteriormente desciende a medida que envejecen. (Alleweldt et al., 1982). Se ha podido comprobar que los ápices y sobre todo los frutos actúan como sumidero

estimulando la fotosíntesis, demostrándose la importancia de la relación superficie foliar/producción sobre la composición de la uva (Bertamini et al., 1991; Tardáguila y Martínez de Toda, 2008).

Las condiciones ambientales modifican de forma considerable la actividad fotosintética (Chaves et al., 1987). Los compuestos orgánicos sintetizados mediante la fotosíntesis, pueden ser utilizados como fuente de energía (respiración) o para el crecimiento vegetativo, o bien, pueden ser acumulados en forma de almidón o azúcares solubles (Champagnol, 1984). Todas estas vías compiten entre sí, y es necesario garantizar un reparto equilibrado.

Por otro lado, también la exposición de los frutos es un importante factor que incide en la composición y calidad de la uva y del vino. 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 Kliever, 1975; Kliever y Smart, 1989). En climas frescos una mayor exposición de los racimos parece mejorar su coloración por incremento de la concentración de antocianos (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). Los antocianos y otros compuestos fenólicos han sido descritos como importantes indicadores de la calidad de la uva (Iland 1987; Petrie y Clingeleffer, 2006) siendo responsables de atributos organolépticos tan importantes como el color, la percepción en boca, etc de los vinos. La influencia de la luz y la temperatura en la síntesis y acumulación de antocianos y polifenoles es un fenómeno complejo. De hecho, 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).

El estado sanitario de la uva es un parámetro esencial de la calidad de la misma. Las cepas con elevada densidad foliar, pueden conducir al aumento de humedad alrededor de hojas y racimos. Si la pared vegetativa (*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).

En el ecosistema vitícola, con las complejas relaciones existentes, resulta difícil analizar de forma separada



los efectos de cada factor. La elección de las técnicas de cultivo se debe realizar considerando de forma conjunta el sistema planta-ambiente y las interrelaciones que existen entre los diferentes factores, aunque se debe tener presente que en agricultura no existen soluciones únicas que resuelvan todos los problemas o que puedan garantizar la máxima calidad, sólo una gestión equilibrada de los recursos naturales puede garantizar un incremento del rendimiento y de la calidad.



1.3. MANEJO EN VERDE DEL VIÑEDO

O *CANOPY MANAGEMENT*

La búsqueda del equilibrio "ideal" entre la actividad vegetativa y productiva mediante el manejo de la *canopy* no se puede considerar una innovación de nuestro siglo, ya que desde siempre ha estado ligada al concepto de "cultivo de la vid". Ya en la época de pleno esplendor del imperio romano, el escritor de origen español Columela escribía así en su libro "De re rustica" sobre la poda de la vid "...en los primeros años es suficiente que haya frutos en un sólo pámpano hasta que la vid tenga suficiente fuerza, algunos años después cuando la planta tenga un pleno vigor, será difícil decir cuantos sarmientos se deben dejar, en suelos fértiles serán tantos, en suelos pobres un número menor. De hecho, las vides robustas si no están llenas de frutos consumen sus propias fuerzas en madera y frondosidad, en cambio las débiles padecen..." (Columela en Saltini, 1984).

El manejo en verde del viñedo o "*canopy management*" es un conjunto de técnicas que permiten modificar el equilibrio vegetativo-productivo, la posición y número de hojas y frutos, y por tanto las condiciones microclimáticas del viñedo. Estas técnicas pueden ser usadas con el fin de incrementar la calidad y/o el rendimiento, mantener un buen estado sanitario y facilitar la aplicación de las otras técnicas de cultivo. En los últimos años el manejo



en verde del viñedo ha pasado de ser un conjunto de técnicas más o menos codificadas a ser una nueva área de investigación. Shaulis et al., (1966) propusieron por primera vez los conceptos generales del *canopy management*, y posteriormente fueron desarrollados y aplicados por diferentes autores (Carbonneau y Casteran, 1987; Smart y Robinson, 1991;; Martínez de Toda et al., 2007; Tardáguila y Martínez de Toda, 2008).

Las condiciones ambientales alrededor de la planta, denominadas condiciones microclimáticas, pueden variar en el interior de la *canopy*, sobre todo en plantas muy vigorosas. El “microclima óptimo” no se puede definir de modo absoluto, sino que será una función del clima, y de la disponibilidad hídrica y nutritiva. Los principales factores ambientales que pueden ser considerados son: luz (cantidad y calidad), temperatura, humedad relativa y velocidad del viento. El manejo de la *canopy* condiciona notablemente su microclima (Smart et al., 1985). La iluminación y la temperatura son los dos factores ambientales que tienen una mayor incidencia en la calidad del vino, por tanto será importante controlar la cantidad y calidad de luz disponible en la zona de la vegetación fotosintéticamente eficiente y en la zona productiva (Carbonneau y Casteran, 1987; Smart, 1985). Un sombreado de la vegetación puede reducir el contenido en azúcares y aumentar el pH, potasio, ácido málico y la incidencia de enfermedades criptogámicas



(Kliewer y Schulz, 1964). En zonas con alta radiación solar, a las horas de máxima radiación, se puede producir una reducción del rendimiento fotosintético debido al exceso de luz (fotoinhibición) que será más acentuada en condiciones de estrés hídrico (Palliotti et al., 2009).

Igualmente los racimos necesitan una cierta disponibilidad de luz para garantizar un metabolismo equilibrado (metabolismo ácido, síntesis de antocianos y polifenoles, etc.). Se deben evitar condiciones de excesiva iluminación y temperatura que pueden provocar graves daños en la calidad de la uva. La amplia investigación en este sector ha proporcionado algunos métodos eficaces para evaluar el estado vegetativo-productivo, así como el microclima de la *canopy*, para poder realizar un correcto diagnóstico del estado del viñedo (Smart y Robinson, 1991; Martínez de Toda et al., 2007).

En el ecosistema vitícola resulta difícil analizar de forma separada los efectos de cada factor y por ello la elección de las diferentes técnicas de cultivo se debe realizar considerando de forma conjunta el sistema planta-ambiente, y sólo una gestión equilibrada de los diferentes factores puede garantizar la máxima calidad y producción (Tardáguila, 2009).



1.4. PRINCIPIOS GENERALES DEL MANEJO EN VERDE DEL VIÑEDO

En el manejo del viñedo se deben considerar los siguientes principios generales para obtener una *canopy* ideal (Shaulis et al., 1966; Smart y Robinson, 1991; Martínez de Toda, 2011):

a.- La superficie foliar debe mantenerse sana y eficiente durante toda la estación vegetativa.

La actividad fotosintética foliar además de depender de las condiciones ambientales, está fuertemente influenciada por el estado sanitario de las hojas. Algunas enfermedades criptogámicas (oidio, mildiu, etc.) o los daños causados por algunos fenómenos meteorológicos (granizo, viento, etc.) pueden comprometer la síntesis de azúcares y por tanto reducir la cantidad y la calidad de la producción.

b.- Es deseable una superficie foliar amplia y bien expuesta.

La disponibilidad de luz es fundamental para el óptimo funcionamiento del aparato fotosintético. En zonas meridionales, particularmente al mediodía, el plano foliar más externo se puede encontrar en un estado de sobresaturación luminosa, esto implica que pueden existir temperaturas superiores a las óptimas para la fotosíntesis

y graves problemas de fotoinhibición (Palliotti et al., 2009). Viceversa, en las hojas que se encuentran demasiado internas a la vegetación tienen una disponibilidad de luz muy baja y son fotosintéticamente poco eficientes.

c.- Mantener un microclima luminoso en la zona de los racimos, adecuado a las condiciones climáticas de la zona.

En general, en zonas frescas es aconsejable una alta exposición, al contrario en zonas muy cálidas. En zonas con alta radiación solar (gran parte de la península Ibérica), principalmente a las horas del mediodía, se puede producir un escaldado o asurado de los frutos (quemaduras de sol) debido a una exposición demasiado elevada. Sin embargo, numerosos trabajos han demostrado que en zonas frescas un sombreado de los racimos puede provocar una reducción de la calidad de la uva y del vino: reducción del contenido en azúcares, del contenido en fenoles y antocianos en vinos tintos, de los aromas primarios, incremento del pH y potasio, del ácido málico (Reynolds y Wardle, 1989; Smart et al., 1985).

Además, desde el punto de vista sanitario cuando la vegetación es muy densa y los racimos están poco aireados y expuestos, la incidencia de algunas enfermedades criptogámicas puede ser elevada, por ello en muchas zonas es muy recomendable un deshojado basal (Bledsoe et al., 1988; Gubler et al., 1991).



d.- Debe existir un equilibrio entre la superficie foliar y la producción de uva.

Este aspecto tiene particular importancia, ya que sólo es posible una óptima maduración, si existe una adecuada relación hoja-fruto. En general, se considera necesario alrededor de 1 m² de hojas eficientes y bien expuestas, por kilogramo de uva para que se pueda alcanzar una buena maduración (Smart y Robinson, 1985; Bertamini et al., 1991; Martínez de Toda, 2011).

Los pámpanos vigorosos (gruesos, con largos entrenudos) tienden a producir una gran cantidad de nietos, provocando una situación no deseable (desequilibrio hacia la actividad vegetativa). De forma opuesta, los pámpanos demasiado débiles (cortos y finos) tienen una insuficiente área foliar para garantizar una buena maduración.

e.- La disposición de la vegetación debe facilitar la mecanización

El sistema de conducción y el marco de plantación, muy especialmente la distancia entre filas, condicionan notablemente la mecanización del viñedo. En la viticultura actual es fundamental la mecanización para intentar reducir los elevados costes de producción (De Ros et al., 1991; Martínez de Toda y Tardáguila, 2003). Así, la conducción



en espaldera facilita la aplicación de ciertas técnicas de cultivo como el deshojado mecánico, que es una técnica muy interesante para reducir la incidencia de *Botrytis* en climas húmedos (Gubler et al., 1991). Actualmente se está trabajando para intentar alcanzar la integral mecanización del cultivo de la vid, sin perjudicar la calidad de la uva.



1.5. CONTROL DEL RENDIMIENTO PRODUCTIVO DEL VIÑEDO

Durante toda la historia de la viticultura el objetivo principal ha sido aumentar la producción del viñedo (Shaulis et al., 1966; Smart y Robinson, 1991; Martínez de Toda, 2011). En general, el viñedo era poco productivo, con un material vegetal sin seleccionar, de poca fertilidad, con tamaño de racimo pequeño, y cultivado en suelos de baja fertilidad y baja disponibilidad hídrica. En estas condiciones, la prioridad vitícola fundamental era aumentar rendimiento productivo. Hoy, la situación vitícola ha cambiado sustancialmente. Existen muchos viñedos excesivamente productivos en los que interesa modular la producción de uva, obtener racimos de menos peso y menos compactos (Figura 1.3).

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. Tradicionalmente las técnicas más empleadas en viticultura para la regulación de la producción del viñedo han sido el aclareo manual de racimos y la poda (Chapman et al., 2004). Además, otras técnicas novedosas se han comenzado a aplicar recientemente para

el control de rendimiento productivo. Entre ellas se puede destacar el despampanado (Morris et al., 2004), el aclareo químico (May, 2004), el deshojado precoz (Poni et al., 2006) y la aplicación de antitranspirantes (Palliotti et al., 2010).

Figura 1.3. Racimos grandes y compactos en un viñedo de Tempranillo de elevada producción.





1.6. TÉCNICAS PARA EL CONTROL DE LA PRODUCCIÓN DE UVA DEL VIÑEDO

1.6.1. LA PODA

Esta operación consiste en suprimir una parte o totalmente ciertos sarmientos del año anterior y/o ciertas partes de madera vieja de la planta, con el fin de dejar un "número óptimo de yemas" o "carga óptima", en función de la capacidad de la cepa y de las posibilidades del medio. Uno de los objetivos más importantes de la poda es el control del vigor y de la producción de uva intentando lograr un cierto equilibrio vegetativo-productivo.

La poda ha sido la técnica más barata y sencilla que ha tenido el viticultor para controlar la producción de uva. Tradicionalmente, se ha considerado que con una menor carga de yemas se obtiene una producción de uva 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 se refiere a la supresión de los pámpanos durante la estación vegetativa, antes de la floración (Martínez de Toda, 2011). A veces también podría incluir la eliminación de los chupones (pámpanos de las yemas latentes de la madera vieja), los cuales sobre todo son numerosos con cargas relativamente bajas. Los chupones normalmente no son fértiles y provocan un incremento de la densidad de vegetación de la cepa.

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., 1994; Reynolds et al., 2005). Así, el despampanado fue aplicado por Pool et al., (1978)



para controlar el rendimiento productivo en variedades híbridas franco-americanas, debido a la insuficiente capacidad de la poda para regular la producción en estas variedades. 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 escaso (Reynolds et al., 2005).

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 en Estados Unidos (Morris y Oldridge, 2002).

1.6.3. ACLAREO QUÍMICO

Los principales estudios sobre el control del rendimiento del viñedo mediante fitohormonas (aclareo químico) se han centrado en el grupo de las giberelinas y del etileno (Wolf et., 1990 Weaver y Pool, 1971a, 1971b; Szyjewicz et al., 1984;

Weyand y Schulz, 2006). 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).

Varios trabajos han descrito la reducción de la producción de uva y del desarrollo vegetativo de la cepa tras la aplicación de ethephon (capaz de liberar etileno) 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). En general, se puede afirmar que el aclareo químico es una práctica muy poco utilizada en la viticultura mundial.

1.6.4. DESHOJADO PRECOZ

El deshojado precoz es una técnica novedosa para el control del rendimiento, que ha sido propuesta en los últimos años en Italia (Poni et al., 2006; Poni et al., 2009). Sus objetivos y época de ejecución difieren notablemente del



deshojado clásico (Bledsoe et al., 1988; Gubler et al., 1991). El deshojado precoz consiste en la eliminación de una serie de hojas (entre cuatro y ocho) de la parte basal del pámpano, es decir, en las inmediaciones de los racimos, alrededor de la época de floración. 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, 1962).

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). La eliminación de hojas, 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, Tardáguila et al 2010).

El deshojado precoz, realizado de forma manual, por eliminación de seis hojas basales en pre-floración y cuajado condujo a una reducción significativa de la tasa de cuajado, así como de la producción de uva por pámpano

(Poni et al, 2006; Tardáguila et al., 2010). El descenso del rendimiento fue provocado por la obtención de racimos de menor peso y con un inferior número de bayas (Figura 1.4).

Figura 1.4. Racimos pequeños y sueltos de Tempranillo en un viñedo en el que se ha llevado a cabo el deshojado precoz antes de la floración en La Rioja (Diago, 2010).





La sanidad de la uva también mejoró, observándose una menor incidencia de *Botrytis* en la uva correspondiente a los tratamientos de deshojado (Diago, 2010). 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.

Ante los prometedores resultados preliminares de la aplicación manual del deshojado precoz, se ha estudiado las posibilidades de mecanización (Intrieri et al., 2008; Tardáguila et al., 2010; Diago, 2010). 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 ha inducido un aumento del contenido en azúcares, antocianos y polifenoles (Diago et al., 2012a, 2012b).

1.6.5. ACLAREO MANUAL DE RACIMOS

Esta operación consiste en eliminar manualmente algunos de los racimos de la cepa (Figura 1.5). El aclareo manual de racimos es la principal técnica utilizada en viticultura para regular el rendimiento productivo del viñedo (Winkler et al., 1974; Iacono et al., 1991b; García-Escudero et al., 1995; Ridomi et al., 1995; García-Escudero y Zaballa, 2000; Guidoni et al., 2002; Keller et al., 2005; García-Escudero, 2006). En determinados años con exceso de producción, el aclareo puede ser una práctica útil para reducir la cantidad de uva hasta los límites máximos establecidos por cada Denominación de Origen.

La zona de cultivo condiciona notablemente la respuesta cuanti-cualitativa de la planta (mayor respuesta en ambientes climáticamente desfavorecidos), así como la relación fuente-sumidero existente, es decir la relación entre la demanda y la oferta de carbohidratos en la planta. Ha sido demostrado que la presencia de frutos estimula la actividad fotosintética (Hofäcker, 1978), de hecho la respuesta depende del equilibrio vegetativo-productivo de cada cepa; el aclareo será más efectivo a medida que la relación entre vegetación y producción sea a favor de ésta última, consiguiéndose más fácilmente un incremento del porcentaje en azúcares en las bayas (Bertamini et al., 1991). Son



Figura 1.5. Aclareo manual de racimos practicado en inicio de envero en un viñedo de Garnacha.

numerosos los estudios sobre los efectos del aclareo manual en la composición de la uva y del vino (García-Escudero y Zaballa, 2000 García-Escudero et al., 1995; Guidoni et al., 2002). 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 manual es posible obtener uva de mayor calidad, con



contenidos de azúcares más elevados, así como aumento del color y aromas en vendimia (Iacono et al., 1991a; Bertamini et al., 1991; García-Escudero et al., 1995; Guidoni et al., 2002; Tardáguila et al., 2005). En ocasiones, la reducción del rendimiento mediante el aclareo manual no conlleva una mejora de la calidad de la uva (Keller et al., 2005). Según Candolfi-Vasconcelos et al., (2007) esta ausencia de efectos positivos a nivel cualitativo puede ser debido principalmente a un crecimiento compensatorio de la baya. Se ha observado que el incremento de la calidad organoléptica del vino al disminuir la producción de la planta no es unívoco, sino que depende del equilibrio vegetativo-productivo de la planta y sólo en el caso que el aclareo sirva para corregir de un modo efectivo este desequilibrio, se obtendrá una respuesta positiva cualitativa en el vino (Porro et al., 1991).

En general, la época más efectiva para practicar del aclareo es el inicio del envero, ya que generalmente se ha alcanzado la parada vegetativa (los ápices no son activos) y por tanto los azúcares sintetizados por las hojas se acumularán en un número reducido de sumideros (Bertamini et al., 1991). De hecho, en esta época se obtiene la mejor respuesta cuantitativa y cualitativa (Iacono et al., 1991a; Campostrini et al., 1991). El aclareo de racimos se llevará a cabo después del cuajado sólo en casos de plantas con muy bajo vigor o en casos de plantas muy jóvenes.



Es necesario subrayar, que en general el aclareo manual de racimos actúa reduciendo únicamente el número de racimos. Sólo afecta al tamaño en casos muy especiales cuando se realiza un aclareo de partes de racimo (corte del racimo), pero nunca va a disminuir la compacidad del mismo.

El aclareo manual de racimos es una técnica cara, debido al tiempo empleado y a la elevada cantidad de mano de obra requerida, 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). De hecho, en los últimos años se ha intentado mecanizar esta práctica vitícola para reducir el coste económico de la ejecución manual del aclareo.



1.7. CONTROL MECÁNICO DEL RENDIMIENTO: ACLAREO MECÁNICO

En el marco de la viticultura actual, 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 más elevados (Martínez de Toda y Tardáguila, 2003). De ahí, que la mecanización del control del rendimiento productivo, sea un importante reto en la viticultura actual.

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.

En 2006 se llevaron en La Rioja a cabo los primeros ensayos a nivel mundial sobre el aclareo mecánico por vibración en viñedos en espaldera (Figura 1.6). En estas primeras experiencias llevadas a cabo en la Universidad de La Rioja,



Figura 1.6. Primeros ensayos a nivel mundial sobre el aclareo mecánico por vibración en viñedos en espaldera realizados en La Rioja en julio de 2006 por investigadores de la Universidad de La Rioja, usando una vendimiadora convencional.



el desprendimiento de la uva se producía por vibración (no por impacto directo sobre los racimos), al actuar los sacudidores sobre el tronco y sobre la vegetación, sin daño aparente en las cepas (Tardáguila et al., 2008).

Los primeros resultados a nivel mundial de aclareo mecánico en viñedos en espaldera (Tardáguila et al., 2008) 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).

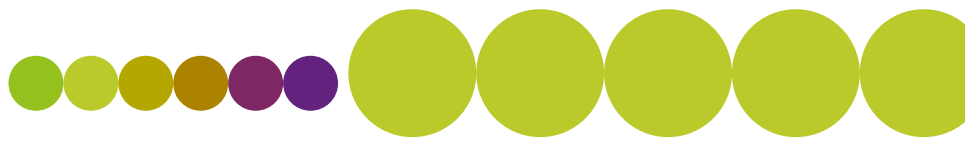
Como se ha visto, las expectativas del aclareo mecánico como técnica eficaz de control de rendimiento son muchas y muy prometedoras. Sin embargo, es fundamental profundizar en el conocimiento de esta técnica en cuanto al comportamiento de las diferentes variedades de uva, época de ejecución, intensidad de la intervención, así como ahondar en nuevas y mejores posibilidades de mecanización. Todos estos aspectos se han estudiado en la Universidad de La Rioja, dentro de un ambicioso proyecto de investigación sobre el control mecánico del rendimiento productivo de la vid (Figura 1.7), financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación

(AGL2007-60378) y la Agencia de Desarrollo Económico de La Rioja (ADER-2006-I-ID-00157). En este proyecto participan la Agrupación de Bodegas Centenarias de Rioja y el grupo multinacional de maquinaria agrícola New Holland.

El presente trabajo de investigación, que se desarrolla en esta Tesis Doctoral sobre el aclareo mecánico de racimos, se encuadra dentro de este ambicioso proyecto sobre el estudio y desarrollo de alternativas al aclareo manual para el control del rendimiento productivo del viñedo.



Figura 1.7. Proyecto de investigación: Innovación en el control de la producción del viñedo: Desarrollo y aplicación del deshojado precoz y aclareo mecánico. Financiado por el MICINN, la ADER (Agencia de Desarrollo Económico de La Rioja), el grupo de bodegas ABC y la multinacional New Holland.

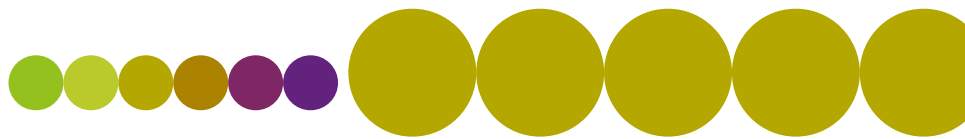


OBJETIVOS



Los principales objetivos del presente trabajo de investigación son los siguientes:

1. Investigar si el aclareo mecánico puede ser una técnica eficaz para regular el rendimiento productivo del viñedo, y estudiar sus efectos sobre los componentes de la producción.
2. Evaluar los efectos del aclareo mecánico sobre la superficie foliar y el equilibrio vegetativo-productivo.
3. Estudiar la influencia del aclareo mecánico en la maduración, composición química y estado sanitario de la uva.
4. Investigar los efectos del aclareo mecánico en la composición fisicoquímica y las propiedades organolépticas del vino.
5. Investigar los efectos de la época e intensidad del aclareo mecánico sobre la producción de uva, el equilibrio vegetativo-productivo y la calidad de la uva y del vino.



MATERIALES Y MÉTODOS



3.1. VIÑEDOS EXPERIMENTALES:

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Los ensayos de aclareo mecánico se llevaron a cabo en dos viñedos comerciales de las variedades Tempranillo y Garnacha (*Vitis vinifera* L.) situados en la Denominación de Origen Calificada Rioja. 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 cordón bilateral se encontraba a una altura de 0,70 m y los pámpanos se recogían entre dos alambres a 1,00 m, y dos alambres móviles a 1,75 m del suelo. 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 Richter 110 se plantaron en el año 1996 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 antibottrítico.

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

La parcela de la variedad de vid Garnacha (*Vitis vinifera* L.) pertenecía a un viñedo comercial situado en el término municipal de Alfaro (lat: 42° 8'N; long: 1° 46'O, 310 m), La Rioja (España). Las cepas estaban podadas en doble cordón Royat, con 12 yemas por cepa y conducidas en espaldera. La altura del tronco era de 0,70 m y la vegetación estaba sostenida por un par de alambres regulables a una altura máxima de 1,50 m. El marco de plantación era de 3,00 m x 1,30 m, lo que equivale a una densidad de 2600 cepas/ha. Las cepas, injertadas sobre portainjerto Richter 110, se plantaron en el año 1997 siguiendo la orientación noroeste-sudeste. Cada año, se realizaron dos riegos por goteo, de unos 15 mm cada uno, a mediados de julio y mediados de agosto. No se aplicó ningún tratamiento antibottrítico.



3.2. CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS DE LOS VIÑEDOS

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

La caracterización del suelo del viñedo se efectuó a partir de tres muestras de suelo tomadas en tres puntos de la parcela. En los tres puntos de muestreo se desecharon los primeros 0,20 m de suelo. Las muestras de suelo recogidas tenían un espesor de 0,20 m. Las tres muestras recogidas se homogenizaron en una única muestra final. Para la muestra "suelo" se tomaron entre 0,20 y 0,40 m de profundidad. En el caso del "subsuelo" las muestras se recogieron a una profundidad de entre 0,40 y 0,60 m de la superficie. 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 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 GARNACHA (*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 0,20 m de suelo. Las muestras de suelo recogidas tenían un espesor de 0,20 m. Las tres muestras recogidas se homogenizaron en una única muestra final. Para la muestra "suelo" se tomaron entre 0,20 y 0,40 m de profundidad. En el caso del "subsuelo" las muestras se recogieron a una profundidad de entre 0,40 y 0,60 m de la superficie. Las principales características edáficas, así como el análisis químico del suelo se recogen en la tabla 3.1. La textura que predominaba era la franco-arenosa. El porcentaje de carbonatos era medio (25-30%) en los dos horizontes. El contenido de materia orgánica se situaba alrededor del 0,8%.

Tabla 3.1. Características edáficas de las parcelas de viñedo de Tempranillo (Ollauri, La Rioja) y Garnacha (Alfaro, La Rioja).

Parámetros	Muestras de suelo			
	Tempranillo		Garnacha	
Textura	Suelo (0,20-0,40 m)	Subsuelo (0,40-0,60 m)	Suelo (0,20-0,40 m)	Subsuelo (0,40-0,60 m)
Arena (% , USDA)	25,6	25,9	50,3	56,2
Limo (% , USDA)	49,2	49,2	25,4	31,1
Arcilla (% , USDA)	25,2	24,9	24,3	12,7
Clase textural (USDA)	Franco-arcillosa	Franco-arcillosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Análisis químico				
Carbonatos (%)	41,0	42,9	25,6	31,7
Caliza activa (%)	12,3	12,5	8,3	13,0
Materia orgánica (%)	0,94	0,85	0,91	0,77
pH H ₂ O (1:5)	8,4	8,5	8,1	8,2
CE (mmhos/cm) (25 °C, 1:5)	0,19	0,20	0,24	0,27
Capacidad total de cambio (meq/100 g)	13,3	12,3	11,2	10,8
Calcio asimilable (meq/100g)	13,1	12,9	10,8	10,7
Magnesio asimilable (meq/100g)	1,97	1,94	1,56	1,12
Sodio asimilable (meq/100g)	0,10	0,15	0,17	0,16
Potasio asimilable (meq/100g)	0,44	0,44	0,31	0,28



3.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

La caracterización del clima del viñedo experimental de Tempranillo se ha realizado con los datos climáticos recogidos por la estación agroclimática del Gobierno de La Rioja, situada en la localidad de Casalarreina (Tabla 3.2). Para caracterizar el clima del viñedo experimental de Garnacha se ha utilizado los datos climáticos recogidos por la estación agroclimática del Gobierno de La Rioja, situada en la localidad de Alfaro (Tabla 3.3). Dichas estaciones meteorológicas, que se encuentran muy cercanas a los viñedos experimentales, han registrado los datos de temperatura, precipitación, radiación global, humedad relativa y velocidad del viento, correspondientes a la estación vegetativa (desde el 1 de abril hasta el 30 de octubre).

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

Las principales diferencias climáticas registradas en la estación de Casalarreina 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.

3.3.2. VIÑEDO DE GARNACHA (*Vitis vinífera* L.)

En cuanto a la estación de Alfaro las diferencias climáticas registradas en los dos años se debieron sobretodo a la temperatura media y a la precipitación. La temperatura media de los meses de julio, agosto y septiembre fue muy superior en el año 2009. Mientras que la precipitación en el año 2009 fue sensiblemente inferior. Podemos asegurar que el año 2009 fue un año más seco y más caluroso que el año 2008.



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/m²)	63	83,8	21,6	2,4	14	10,8	55	---	---	---	250,6
	Radiación global (MJ/m²)	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	---
2008	Velocidad viento (Km/h)	6,8	7,2	5,8	9	9,4	7,9	6,1	7,5	58,7	---	---
	Humedad relativa aire (%)	68	73	70	61	62	64	71	67,0	90,0	12,0	---
	Precipitación acumulada (l/m²)	52,6	170,4	80,9	21	25	17	81,2	---	---	---	448,1
	Radiación global (MJ/m²)	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	---
2009	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	---	---
	Humedad relativa aire (%)	74	72	68	63	68	74	75	70,6	99,0	11,0	---
	Precipitación acumulada (l/m²)	38	29,8	37,6	1,8	6,2	43,8	25,6	---	---	---	182,8
	Radiación global (MJ/m²)	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	---	---

Tabla 3.3. Parámetros agroclimáticos durante la estación vegetativa (1 abril-30 octubre) durante los años 2008 y 2009, en la estación agroclimática de Alfaro (lat: 42° 9'N; long: 1° 46'O, 315 m), La Rioja.

Año	Parámetro	Mes							Estación vegetativa			
		Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Media	Máx.	Mín.	Acum.
2008	Humedad relativa aire (%)	60	71	63	58	59	63	74	64	95	12	---
	Precipitación acumulada (l/m ²)	32,6	119,6	23	15,2	13	17,4	70	---	---	---	290,8
	Radiación global (MJ/m ²)	573,6	557,3	730,4	788,8	707,8	503,5	324,1	---	---	---	4185,5
	Temperatura aire (°C)	12,3	14,6	18,3	20,7	20,9	16,9	11,6	16,5	36,6	-2,2	---
	Temperatura suelo (°C)	12,9	17	20,4	23,6	22,3	18,9	14,5	18,5	29	8,3	---
	Velocidad viento (Km/h)	10,4	6,8	9,4	7,9	7,6	7,6	6,5	8,0	45,4	---	---
	Humedad relativa aire (%)	69	64	60	57	61	68	69	64	100	10	---
	Precipitación acumulada (l/m ²)	40,4	68,2	18,2	4,4	21,4	13	37,2	---	---	---	202,8
2009	Radiación global (MJ/m ²)	542,7	728,5	736,8	849,9	702,5	516,5	376,1	---	---	---	4453
	Temperatura aire (°C)	11,2	17,5	21,2	23,1	23	18,6	15,4	18,6	37,5	-2	---
	Temperatura suelo (°C)	11,7	18	22,9	27,6	26,5	22	17,2	20,8	33,5	7,2	---
	Velocidad viento (Km/h)	10,8	9,4	7,9	9	7,6	6,8	7,9	8,5	54,7	---	---



3.4. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Los ensayos de aclareo mecánico se desarrollaron durante los años 2007, 2008 y 2009 en la variedad Tempranillo, y durante los años 2008 y 2009 en la variedad Garnacha.

En ambas variedades, los ensayos de aclareo mecánico se realizaron siguiendo un diseño experimental con cinco repeticiones por tratamiento, espaciadas a lo largo de una fila, con 18 cepas por repetición.

La elección de los tratamientos de aclareo mecánico se realizó con el fin de evaluar la influencia de distintos factores: época, intensidad de aclareo mecánico y modo ejecución del aclareo. De este modo, los niveles de cada uno de los factores a estudio fueron los siguientes:

- **Época:** se estudió el efecto del aclareo mecánico en dos épocas o estados fenológicos (Figura 3.1) para la variedad Tempranillo: cierre de racimo (estado 32, según Coombe, 1995) e inicio de envero (definido como el estado 35, según Coombe, 1995). Para la variedad Garnacha sólo se estudió el aclareo mecánico en cierre de racimo.

- **Intensidad de aclareo mecánico:** se comparó la frecuencia de los sacudidores de 410, 440 y 470 revoluciones por minuto (rpm) en la variedad Tempranillo y de 410 y 470 en la variedad Garnacha.



Figura 3.1. Estado fenológico de cierre de racimo (izquierda), estado 32 según Coombe (1995). Estado fenológico de inicio de envero (derecha) estado 35 según Coombe (1995).

- **Modo de ejecución:** se comparó el aclareo manual (eliminación del racimo basal por pámpano al inicio del envero) frente al aclareo mecánico vibración, realizado con una máquina vendimiadora en las dos variedades estudiadas (Figura 3.2).



Figura 3.2. Aclareo manual de racimos (izquierda). Aclareo mecánico con máquina vendimiadora (derecha).

En la tabla 3.4 se resumen todos los tratamientos realizados

Tabla 3.4. Descripción de los tratamientos realizados en las variedades Tempranillo y Garnacha.

Tratamiento	Época	Frecuencia de sacudidores (revoluciones/minuto)
Control	No se realizó ningún tipo de aclareo de racimos	
C410	Cierre de racimo	410
C440	Cierre de racimo	440
C470	Cierre de racimo	470
E410	Inicio de envero	410
E440	Inicio de envero	440
E470	Inicio de envero	470
Aclareo Manual	Inicio de envero	Aclareo manual: Eliminación del racimo basal



3.5. EJECUCIÓN DEL ACLAREO MECÁNICO

Para la ejecución del aclareo mecánico se utilizó una vendimiadora mecánica convencional (New Holland®, modelo VL610, Francia), como se observa en la figura 3.3

El aclareo mecánico se realizó únicamente por vibración, en ningún caso por golpeo directo de los racimos por parte de los sacudidores de la vendimiadora (Figura 3.4).



Figura 3.3. El aclareo mecánico por vibración se realizó mediante una vendimiadora mecánica automotriz convencional (New Holland®, modelo VL610, Francia) en viñedos de Tempranillo y Garnacha conducidos en espaldera.

La altura de la vendimiadora y la colocación de los sacudidores se ajustaron de modo que la zona golpeada fuera el tronco de la cepa (0,30 m bajo el cordón) y/o la pared vegetativa o *canopy* por encima siempre de la zona de racimos (0,30 m por encima de la zona productiva), como se observa en las figuras 3.4 y 3.5 El número de sacudidores empleado fue variable según variedad y año, como se puede observar en las tablas 3.5 y 3.6.

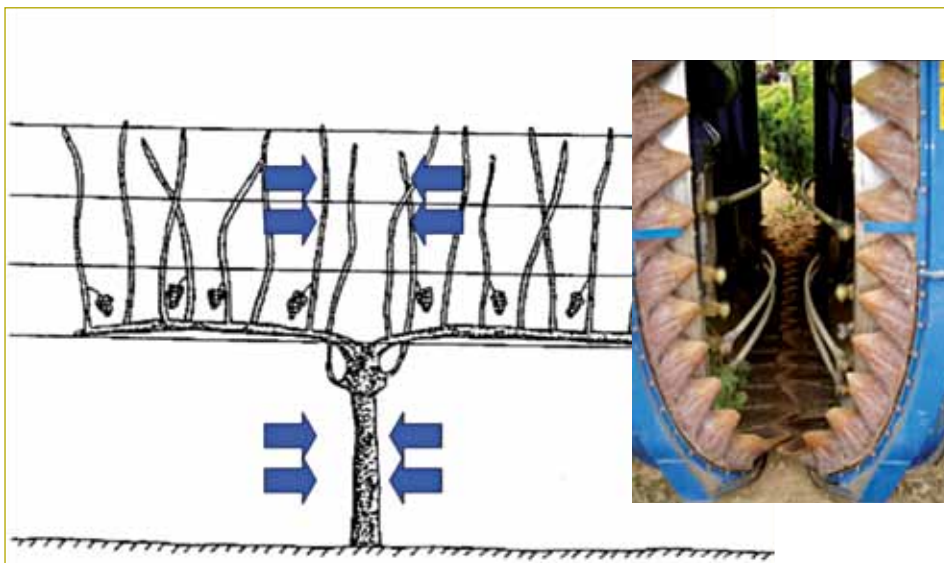


Figura 3.4. Esquema de la actuación de los sacudidores (tres pares de sacudidores, 2+1, imagen derecha) en el aclareo mecánico por vibración mediante la vendimiadora convencional New Holland en un viñedo en espaldera. Los sacudidores se ajustaron de tal modo que la zona golpeada fuera el tronco de la cepa y la pared vegetativa o *canopy* por encima siempre de la zona de racimos. Nunca hubo golpeo directo de los racimos durante el aclareo mecánico.



La uva se eliminó únicamente debido a la vibración causada por los sacudidores al golpear el tronco de la cepa y/o la pared vegetativa. La velocidad de avance de la vendimiadora fue variable entre 3 o 5 km/h, según variedad y año (Tablas 3.5 y 3.6). En todos los casos, la anchura entre los sacudidores era de 8 cm. La frecuencia de los sacudidores fue variable (410, 440 y 470 revoluciones por minuto) según tratamiento, como se puede observar en la tabla 3.4.



Figura 3.5. El número y colocación de los sacudidores fue variable (ver tablas 3.5 y 3.6). Los sacudidores se ajustaron de modo que la zona golpeada fuera el tronco de la cepa, usando dos sacudidores, 2+0, (imagen izquierda) y en ciertos tratamientos la pared vegetativa o *canopy* por encima siempre de la zona de racimos, usando tres pares de sacudidores, 2+1 (imagen derecha)

Tabla 3.5. Resumen de las condiciones técnicas de la ejecución del aclareo mecánico por vibración mediante vendimiadora en el viñedo de la variedad Tempranillo durante los años 2007, 2008 y 2009.

Año	Velocidad de avance de la vendimiadora (km/h)	Número de pares de sacudidores*
2007	3	2+1
2008	5	2+0
2009	3	2+0

(*) El primer sumando se refiere al número de sacudidores colocados debajo del cordón de formación (vibración del tronco) y el segundo sumando indica el número de sacudidores por encima de la zona productiva de la espaldera.

Tabla 3.6. Resumen de las condiciones técnicas de la ejecución del aclareo mecánico por vibración mediante vendimiadora en el viñedo de la variedad Garnacha durante los años 2008 y 2009.

Año	Velocidad de avance de la vendimiadora (km/h)	Número de pares de sacudidores*
2008	3	2+0
2009	3	2+0

(*) El primer sumando se refiere al número de sacudidores colocados debajo del cordón de formación (vibración del tronco), y el segundo sumando indica el número de sacudidores por encima de la zona productiva de la espaldera.



3.6. COMPONENTES DE LA PRODUCCIÓN

3.6.1. PRODUCCIÓN DE UVA POR CEPA

Se vendimiaron en la misma fecha todos los tratamientos (Tabla 3.7). Así, se recogieron manualmente todos los racimos por planta, en 25 cepas, elegidas aleatoriamente, por tratamiento (5 cepas x 5 repeticiones). Todos los racimos se clasificaron, según una inspección visual, en tres clases: "no dañados" (menos del 5% de bayas dañadas), "dañados" (entre el 5% y 90% de bayas dañadas)" y secos (más del 90% de bayas dañadas). En cada clase, se contó el número de racimos y se pesó por separado la producción (los racimos secos no se pesaron porque su producción era despreciable). Los racimos de cada cepa "no dañados" y "dañados" se embolsaron separadamente. A partir de estos datos se obtuvo el número total de racimos, la producción de uva total por cepa, así como el porcentaje en número y en peso de racimos de cada clase.

3.6.2. MORFOLOGÍA DEL RACIMO Y PESO DE LA BAYA

En dos racimos por cepa de cada clase ("dañados" y "no dañados"), elegidos al azar, se midió su peso y el peso de 50 bayas, mediante pesada directa en balanza electrónica (Sartorius, modelo LB 1500S, 0,01g de precisión). A partir de estos datos se determinó el peso por baya y el número de bayas por racimo. Hay que señalar que en el año 2009 no se estudió la morfología de los racimos de Garnacha por problemas de pasificación y quemaduras en los mismos provocadas por las altas temperaturas, en todos los tratamientos incluido el control (datos no mostrados).

3.6.3. COMPACIDAD DEL RACIMO

Se eligieron al azar dos racimos "no dañados" y dos racimos "dañados" por cepa (mismos racimos utilizados para el estudio de la morfología, apartado 3.6.2). Para cada uno de estos racimos se estimó la compacidad del racimo 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).



3.7. ESTADO SANITARIO DE LA UVA

Se eligieron al azar dos racimos “no dañados” y dos racimos “dañados” por cepa (mismos racimos utilizados para el estudio de la morfología y la compacidad del racimo, apartado 3.6.2 y 3.6.3). El estado sanitario de la uva se estimó de forma visual, como porcentaje (escala de 0-100, con 5 puntos de intervalo) de incidencia de *Botrytis* en el racimo (Diago, 2010).



3.8. SUPERFICIE FOLIAR TOTAL

La determinación de la superficie foliar se llevó a cabo en vendimia en dos pámpanos por cepa marcada (25 cepas por tratamiento) siguiendo el método de Smart y Robinson (1991). Se pesaron en el viñedo, de forma separada las hojas principales y secundarias de cada pámpano, 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 por pámpano. La estimación de la superficie foliar total por pámpano se llevó a cabo por suma de la superficie foliar principal y secundaria por pámpano. Para calcular la superficie foliar total por cepa se multiplicó la superficie foliar por pámpano por el número de pámpanos por cepa.



3.9. EVOLUCIÓN DE LA MADURACIÓN DE LA UVA

En los viñedos de las dos variedades 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 tomando 100 bayas de forma representativa de cada repetición, con el fin de no modificar significativamente la producción de uva por cepa. 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 por 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 uva durante la maduración y de la vendimia, en los viñedos de Tempranillo y de Garnacha en los años de estudio.

Número muestreo	Fechas de muestreo de uva y de vendimia				
	Tempranillo			Garnacha	
	2007	2008	2009	2008	2009
1	6/09/07	9/09/08	2/09/09	9/09/08	2/09/09
2	19/09/07	16/09/08	8/09/09	16/09/08	8/09/09
3	1/10/07	23/09/08	15/09/09	23/09/08	13/09/09
4	---	30/09/08	---	30/09/08	---
Vendimia	12/10/07	15/10/08	24/09/09	3/10/08	14/09/09

Los parámetros de madurez tecnológica y fenólica se analizaron siguiendo la metodología descrita en el apartado 3.11.



3.10. COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LA UVA

3.10.1. ANÁLISIS DE AZÚCARES Y ACIDEZ.

En vendimia, se realizó un análisis de los principales parámetros analíticos de la uva. Se analizó una muestra de uva (50 bayas aproximadamente) de las 25 cepas marcadas, por tratamiento (5 cepas x 5 repeticiones).

El análisis de los principales parámetros analíticos incluyó: sólidos solubles (azúcares), 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:

- **Sólidos solubles/Azúcares:** 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).



3.10.2. DETERMINACIÓN DE ANTOCIANOS Y POLIFENOLES

La determinación del contenido y la concentración de antocianos y polifenoles en uva se realizó siguiendo el método descrito por Iland et al., (2004). Para cada tratamiento se analizó una muestra de uva (50 bayas aproximadamente) congelada a -20°C , correspondiente a la producción de las 25 cepas marcadas por tratamiento. Con anterioridad al análisis, las muestras de uva se descongelaron a temperatura ambiente durante 12 horas. Así, cada muestra de uva se trituroó 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 $1\pm 0,05\text{g}$ de la papilla obtenida (Sartorius, modelo LB 1500S, 0,01g 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 $\text{pH}=2$. 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)

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



3.11. VINIFICACIONES

En vendimia se realizaron vinificaciones de todos los tratamientos, en las dos variedades, en los tres años de estudio para la variedad Tempranillo y en dos años para Garnacha. Para cada variedad, la uva de todos los tratamientos fue vendimiada en el mismo día (Tabla 3.7). Se vendimió todos los racimos ("no dañados" y "dañados") de cada una de las cinco cepas marcadas por repetición, de cada tratamiento. La uva de las cinco cepas por repetición se mezcló obteniendo cinco lotes de uva por tratamiento, correspondientes a las cinco repeticiones en cada tratamiento. 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 3.6.



Figura 3.6. Micro-depósitos de fermentación utilizados en las vinificaciones experimentales. Diseño adaptado de Sampaio et al., (2007).

La uva correspondiente a cada repetición de un tratamiento dado se despalilló utilizando una estrujadora-despalilladora de uva eléctrica (Enomundi, Zaragoza, España). De la mezcla de uva despalillada 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 el método de referencia de Paul (OIV, 1990).
- **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).

Transcurridos 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 y estabilización del vino 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 para análisis químico del vino.

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.



3.12. COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL VINO

3.12.1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL VINO

Transcurrido un mes 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 por duplicado.

El estudio del color y polifenoles en vino se llevó a cabo mediante 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.

3.12.2. ANÁLISIS SENSORIAL DEL VINO

A los tres meses de finalizar la fermentación alcohólica se llevó a cabo el análisis sensorial de los vinos siguiendo la metodología de Análisis Descriptivo (Lawless y Heymann, 1998). Se estudiaron los vinos de Tempranillo elaborados en el año 2007 de los siguientes tratamientos:



- Control.
- Aclareo mecánico a 470 rpm en estado cierre del racimo.
- Aclareo mecánico a 470 rpm en inicio de envero.

En total se evaluaron nueve vinos, tres correspondientes a cada tratamiento, de modo que cada uno de los tres representaba una repetición del factor tratamiento.

El panel de cata estaba compuesto por 15 catadores, ocho mujeres y siete 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 aromáticos, usualmente presentes en vinos jóvenes 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 (que no habían realizado la fermentación



maloláctica) elaborados en el año 2007. 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 acerca de 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 3.8).

Además del perfil aromático, 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



Tabla 3.8. Descriptores sensoriales y estándares de referencia utilizados en el panel de cata realizado en vinos de Tempranillo del año 2007. 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)

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 seis vinos por sesión. Al inicio de cada sesión los jueces debían evaluar los estándares aromáticos que se preparaban diariamente. 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.



3.13. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos cada año de estudio 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 (época, modo de ejecución e intensidad de aclareo mecánico, etc.) se establecieron una serie de contrastes *a priori*. En las tablas 3.9 y 3.10 se describen los distintos contrastes establecidos para las variedades Tempranillo y Garnacha.

Toda la estadística descriptiva, 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).

Tabla 3.9. 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 aclareo mecánico, considerando todos los tratamientos estudiados?	Control vs Aclareo mecánico (todos los tratamientos)	Control	C410 C440 C470 E410 E440 E470
El aclareo mecánico en cierre de racimo, ¿provoca diferencias frente al control?	Control vs Aclareo mecánico en cierre de racimo	Control	C410 C440 C470
El aclareo mecánico en inicio de envero, ¿provoca diferencias frente al control?	Control vs Aclareo mecánico en inicio de envero	Control	E410 E440 E470
¿Existen diferencias entre el aclareo mecánico en cierre de racimo e inicio de envero?	Aclareo mecánico en cierre de racimo vs Aclareo mecánico en inicio de envero	C410 C440 C470	E410 E440 E470
El aumento de intensidad de aclareo de 410 rpm a 440 rpm, ¿tiene alguna influencia?	Aclareo mecánico a 410 rpm vs Aclareo mecánico a 440 rpm	C410 E410	C440 E440
El aumento de intensidad de aclareo de 440 rpm a 470 rpm, ¿tiene alguna influencia?	Aclareo mecánico a 440 rpm vs Aclareo mecánico a 470 rpm	C440 E440	C470 E470
El aclareo mecánico en inicio de envero, ¿provoca diferencias frente aclareo manual?	Aclareo manual vs Aclareo mecánico en inicio de envero	Aclareo manual	E410 E440 E470



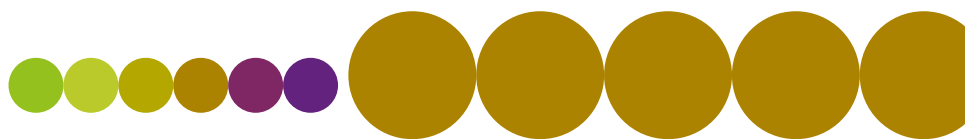
Tabla 3.10. Contrastes *a priori* establecidos para determinar los efectos de los factores a estudio en la variedad Garnacha.

Efecto	Contraste	Grupo 1	Grupo 2
¿Existe diferencias entre aclareo mecánico en cierre de racimo y el control?	Control vs Aclareo mecánico en cierre de racimo	Control	C410 C470
¿Existen diferencias entre las dos intensidades?	Intensidad 410 rpm vs Intensidad 470 rpm	C410	C470
El aclareo mecánico en cierre de racimo, ¿provoca diferencias frente aclareo manual?	Aclareo manual vs Aclareo mecánico en cierre de racimo	Aclareo manual	C410 C470

El tratamiento estadístico de los datos de las características sensoriales se llevó a cabo mediante un ANOVA. En un primer paso se compararon los tres vinos correspondientes a cada tratamiento, y se verificó la ausencia de diferencias significativas entre ellos en ninguno de los atributos sensoriales evaluados, por lo que se consideraron repeticiones iguales de un mismo tratamiento.



Fijando por tanto, 3 repeticiones por tratamiento, se realizó un ANOVA de dos factores (tratamiento, juez) con interacción, para cada uno de los descriptores evaluados, considerando el factor tratamiento como fijo y el factor juez como aleatorio. Las diferencias significativas entre los valores promedio de cada tratamiento se evaluaron mediante el test LSD de Fisher al 5% de significación. Finalmente, solamente para aquellos atributos que mostraron diferencias significativas entre tratamientos se realizó un gráfico radial y se llevó a cabo un Análisis de Componentes Principales (PCA) obteniéndose la matriz de correlaciones y el mapa de Componentes Principales.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN



4.1. PARÁMETROS AGRONÓMICOS

4.1.1. COMPONENTES DE LA PRODUCCIÓN

La determinación de los componentes de la producción se llevó a cabo en vendimia. Se decidió clasificar los racimos en tres clases: “dañados” (menos del 5% de bayas dañadas), “no dañados” (entre el 5% y 90% de bayas dañadas) y secos (más del 90% de bayas dañadas) (Figura 4.1). Se estudiaron por separado porque *a priori* presentaban características distintas, como el porcentaje de bayas secas y la coloración de algunas bayas. Los racimos secos no se pesaron porque su producción era despreciable (datos no mostrados). A continuación, se presentan los resultados del efecto del aclareo mecánico en los componentes de la producción en vendimia, tanto en el viñedo de Tempranillo como de Garnacha.



Figura 4.1. Racimo “no dañado” (izquierda), racimo “dañado” (centro) y racimo seco (derecha).

A. TEMPRANILLO

A.1. PRODUCCIÓN DE UVA POR CEPA

En Tempranillo el aclareo mecánico provocó una reducción significativa de la producción total de uva por cepa, en los tres años de estudio (Tabla 4.1). El rendimiento de uva por cepa disminuyó como consecuencia del aclareo mecánico entre un 54-58% en el año 2007, entre un 15-17% en el año 2008 y entre un 40-43% para el año 2009 (Figura 4.2). La disminución del rendimiento productivo por cepa mostró diferencias significativas, tanto en el aclareo mecánico a cierre de racimo como al inicio de envero. Al comparar las



dos épocas de aclareo mecánico no se observaron diferencias importantes. En general, tampoco se encontraron patrones claros en las escasas diferencias entre las distintas intensidades de aclareo mecánico. Sólo en el año 2008, la producción total de uva por cepa disminuyó en el aclareo manual respecto al mecánico a inicio de enero.

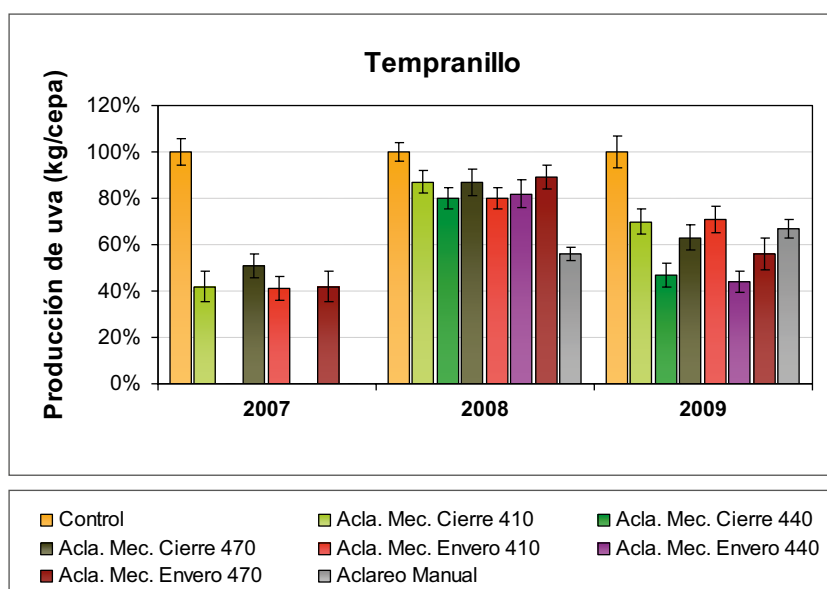


Figura 4.2. Variación de la producción de uva por cepa en la variedad Tempranillo respecto al control (100%), en diferentes tratamientos de aclareo mecánico, Ollauri (La Rioja). Valores promedio $\pm$ error estándar.

En los tres años de estudio, el aclareo mecánico indujo una disminución de la producción de racimos “no dañados”, tanto a cierre de racimo como al inicio de envero (Tabla 4.1). El 41% de la producción total de uva por cepa correspondía a racimos “no dañados” en el año 2007, el 83% en el año 2008 y el 92% en el año 2009 (Figura 4.3). No se observaron diferencias significativas en la producción de racimos “no dañados” entre las dos épocas de aclareo mecánico. En general, tampoco se apreciaron diferencias importantes en la producción de racimos “no dañados” entre las tres intensidades analizadas. En el año 2009, la producción de racimos “no dañados” disminuyó en el aclareo mecánico al inicio de envero frente al aclareo manual. Sin embargo, en el año 2008 no se observaron diferencias.

La producción por cepa de racimos “dañados” aumentó con el aclareo mecánico a cierre de racimo respecto al inicio de envero, en los años 2007 y 2009 (Tabla 4.1). En general, el rendimiento y el porcentaje de la producción de racimos “dañados” se incrementaron con la intensidad de aclareo mecánico más elevada, 470 rpm (Figura 4.3).

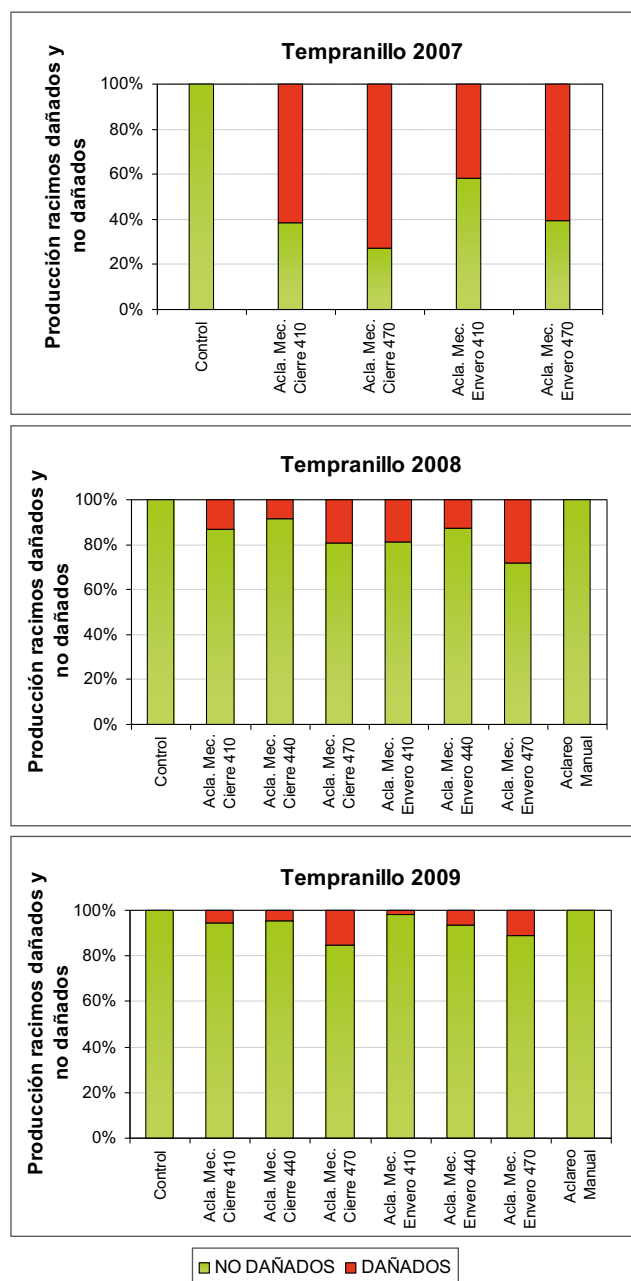


Figura 4.3. Variación de la producción de racimos “no dañados” y “dañados”, expresados como porcentaje, en Tempranillo, en los años 2007, 2008 y 2009, Ollauri (La Rioja).

Tabla 4.1. Influencia del aclareo mecánico en la producción de racimos de Tempranillo “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas) y “dañados” (entre el 5% y 90% de bayas dañadas) en los años 2007, 2008 y 2009, Ollauri (La Rioja). Valores promedio $\pm$ errores estándar (entre paréntesis) y análisis de varianza.

Tratamiento	Producción racimos “no dañados” (kg/cepa)			Producción racimos “dañados” (kg/cepa)			Producción total de uva (kg/cepa)		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009
Control	4,59 (0,29)	3,90 (0,24)	4,60 (0,34)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	4,59 (0,29)	4,10 (0,20)	4,60 (0,34)
Aclareo mecánico cierre 410 rpm	0,73 (0,21)	3,08 (0,22)	3,00 (0,23)	1,22 (0,27)	0,50 (0,10)	0,21 (0,07)	1,95 (0,34)	3,58 (0,24)	3,21 (0,26)
Aclareo mecánico cierre 440 rpm	ne	3,03 (0,23)	2,07 (0,25)	ne	0,27 (0,07)	0,10 (0,03)	ne	3,29 (0,23)	2,17 (0,26)
Aclareo mecánico cierre 470 rpm	0,73 (0,19)	3,06 (0,24)	2,44 (0,26)	1,60 (0,15)	0,61 (0,11)	0,45 (0,13)	2,32 (0,25)	3,55 (0,28)	2,88 (0,27)
Aclareo mecánico enviro 410 rpm	1,29 (0,23)	2,66 (0,23)	3,20 (0,28)	0,61 (0,09)	0,60 (0,11)	0,06 (0,03)	1,90 (0,26)	3,27 (0,24)	3,27 (0,28)
Aclareo mecánico enviro 440 rpm	ne	2,97 (0,25)	1,94 (0,23)	ne	0,38 (0,10)	0,07 (0,02)	ne	3,35 (0,29)	2,01 (0,23)
Aclareo mecánico enviro 470 rpm	0,77 (0,27)	2,58 (0,22)	2,46 (0,35)	1,18 (0,29)	1,07 (0,18)	0,21 (0,06)	1,95 (0,32)	3,65 (0,26)	2,56 (0,35)
Aclareo manual	ne	2,31 (0,14)	3,08 (0,20)	ne	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	ne	2,31 (0,14)	3,08 (0,20)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes									
Control vs Aclareo mecánico (todos ttos)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,012	<0,001
Control vs Aclareo cierre	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,024	<0,001
Control vs Aclareo enviro	<0,001	<0,001	<0,001	0,008	<0,001	<0,001	<0,001	0,014	<0,001
Aclareo cierre vs Aclareo enviro	0,338	0,084	0,883	<0,001	0,016	0,003	0,161	0,785	0,532
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 470 rpm	0,244	ne	ne	0,351	ne	ne	0,953	ne	ne
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 440 rpm	ne	0,567	<0,001	ne	0,068	0,358	ne	0,680	<0,001
Aclareo 440 rpm vs Aclareo 470 rpm	ne	0,428	0,108	ne	<0,001	<0,001	ne	0,242	0,065
Aclareo manual vs Aclareo mecánico enviro	ne	0,097	0,003	ne	<0,001	<0,001	ne	<0,001	0,288
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad									
Tratamiento	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

ne: datos no existentes



A.2. NÚMERO Y PORCENTAJE DE RACIMOS

El aclareo mecánico provocó una disminución del número de racimos "no dañados" por cepa y un aumento del número de racimos "dañados" y secos, en los tres años analizados (Tabla 4.2). El 66%, el 91% y el 87% del número de racimos por cepa se debían a racimos "no dañados", en los años 2007, 2008 y 2009, respectivamente (Figura 4.4). Además, el porcentaje del número de racimos secos por cepa varió en los tres años de ensayos con un 26% en el año 2007, un 5% en el año 2008 y un 12% en el año 2009.

El aclareo mecánico indujo una reducción del número de racimos "no dañados" y un incremento del número de racimos "dañados" y secos por cepa tanto a cierre de racimo como al inicio de envero (Tabla 4.2). En el número de racimos "no dañados" no se observaron diferencias significativas entre las épocas de aclareo mecánico. En dos años de los tres estudiados, el aclareo mecánico a cierre de racimo provocó un aumento del número de racimos "dañados" en comparación al inicio de envero. La época de aclareo mecánico apenas afectó al número de racimos secos, salvo en el año 2007.

En general, al aumentar la intensidad de aclareo mecánico se reducía el número y el porcentaje de racimos "no dañados" (Tabla 4.2 y Figura 4.4). Además, las intensidades de aclareo más altas provocaron un mayor número y porcentaje de racimos "dañados" y secos, en los tres años de estudio.

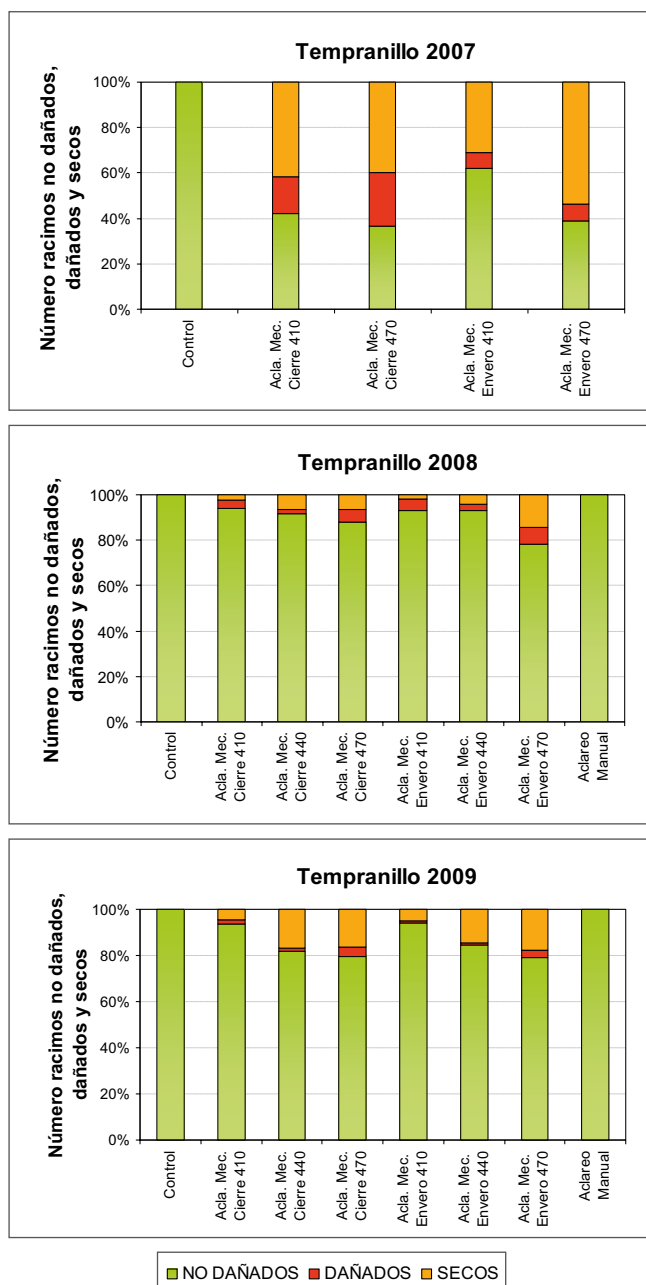


Figura 4.4. Variación del número de racimos “no dañados”, “dañados” y secos expresados como porcentaje, en Tempranillo, en los años 2007, 2008 y 2009, Ollauri (La Rioja).



Tabla 4.2. Influencia del aclareo mecánico en el número de racimos de Tempranillo “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas), “dañados” (entre el 5% y 90% de bayas dañadas) y secos (más del 90% de bayas dañadas), en los años 2007, 2008 y 2009, Ollauri (La Rioja). Valores promedio $\pm$ errores estándar (entre paréntesis) y análisis de varianza.

Tratamiento	Número racimos “no dañados”/cepa			Número racimos “dañados”/cepa			Número racimos secos/cepa		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009
Control	15,00 (0,59)	15,92 (0,87)	12,68 (0,72)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,0 (0,00)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)
Aclareo mecánico cierre 410 rpm	2,93 (0,91)	12,24 (0,74)	10,24 (0,72)	5,67 (0,95)	2,44 (0,43)	1,08 (0,27)	3,00 (0,70)	0,24 (0,09)	0,56 (0,20)
Aclareo mecánico cierre 440 rpm	ne	13,84 (0,91)	7,28 (0,63)	ne	1,64 (0,35)	0,72 (0,20)	ne	0,96 (0,33)	1,40 (0,31)
Aclareo mecánico cierre 470 rpm	2,53 (0,64)	11,88 (0,75)	8,08 (0,63)	8,07 (0,75)	2,84 (0,41)	2,00 (0,44)	2,60 (0,65)	0,68 (0,18)	1,64 (0,38)
Aclareo mecánico envero 410 rpm	5,53 (0,80)	11,96 (0,87)	10,12 (0,64)	ne	2,92 (0,46)	0,64 (0,18)	2,40 (0,35)	0,28 (0,11)	0,48 (0,13)
Aclareo mecánico envero 440 rpm	ne	13,64 (0,99)	7,48 (0,74)	4,60 (0,51)	2,12 (0,52)	0,52 (0,17)	ne	0,68 (0,24)	1,04 (0,22)
Aclareo mecánico envero 470 rpm	3,00 (1,19)	11,04 (0,97)	7,73 (0,75)	4,07 (0,79)	4,92 (0,73)	1,00 (0,23)	5,50 (0,72)	1,88 (0,38)	1,43 (0,37)
Aclareo manual	ne	11,48 (0,46)	9,63 (0,52)	ne	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	ne	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes									
Control vs Aclareo mecánico (todos ttos)	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Control vs Aclareo cierre	<0,001	0,008	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Control vs Aclareo envero	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Aclareo cierre vs Aclareo envero	0,076	0,521	0,874	0,002	0,008	0,004	0,033	0,067	0,278
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 470 rpm	0,089	ne	ne	0,158	ne	ne	0,013	ne	ne
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 440 rpm	ne	0,053	0,001	ne	0,085	0,294	ne	0,009	0,004
Aclareo 440 rpm vs Aclareo 470 rpm	ne	0,007	0,458	ne	<0,001	0,002	ne	0,072	0,193
Aclareo manual vs Aclareo mec. envero	ne	0,446	0,256	ne	<0,001	<0,001	ne	<0,001	<0,001
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad									
Tratamiento	<0,001	0,008	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

ne: datos no existentes

B. GARNACHA

B.1. PRODUCCIÓN DE UVA POR CEPA

En los años 2008 y 2009, el aclareo mecánico en Garnacha redujo significativamente un 37% y un 24% respectivamente, la producción total de uva por cepa (Figura 4.5). Entre las intensidades de aclareo mecánico no se observaron diferencias en el rendimiento de uva por cepa, en los dos años de estudio (Tabla 4.3). Sólo en el año 2009, el rendimiento productivo por cepa disminuyó en el aclareo manual respecto al mecánico.

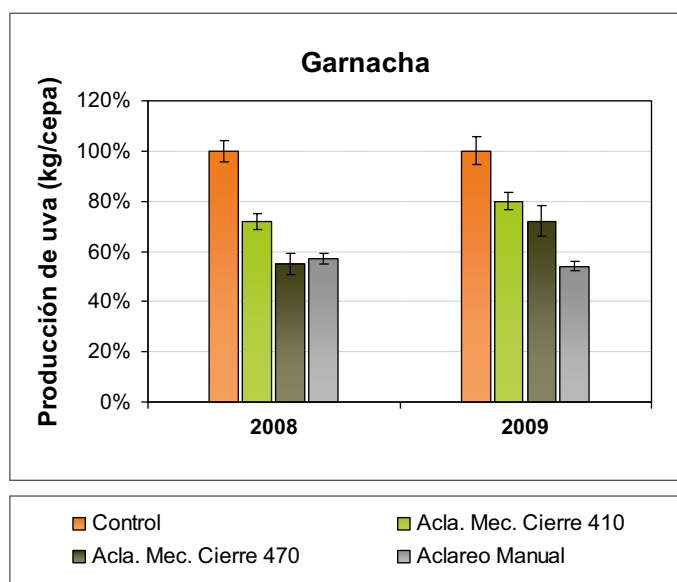


Figura 4.5. Variación de la producción de uva por cepa en la variedad Garnacha respecto al control (100%), en diferentes tratamientos de aclareo mecánico, Alfaro (La Rioja). Valores promedio $\pm$ error estándar.



Con el aclareo mecánico la producción por cepa de racimos “no dañados” se redujo y se incrementó el rendimiento de racimos “dañados” (Tabla 4.3). En el 2008 el 54% y en el año 2009 el 94% del rendimiento de uva por cepa se debía a racimos “no dañados” (Figura 4.6). Entre las intensidades de aclareo mecánico no se apreciaron diferencias significativas en la producción de racimos “no dañados” y “dañados” por cepa.



Tabla 4.3. Influencia del aclareo mecánico en la producción de racimos de Garnacha “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas) y “dañados” (entre el 5% y 90% de bayas dañadas) en los años 2008 y 2009, Alfaro (La Rioja). Valores promedio $\pm$ errores estándar (entre paréntesis) y análisis de varianza.

Tratamiento	Producción racimos “no dañados” (kg/cepa)		Producción racimos “dañados” (kg/cepa)		Producción total de uva (kg/cepa)	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009
Control	2,14 (0,22)	3,31 (0,28)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	2,14 (0,22)	3,31 (0,28)
Aclareo mecánico cierre 410 rpm	0,91 (0,13)	2,58 (0,17)	0,63 (0,09)	0,08 (0,03)	1,54 (0,16)	2,66 (0,18)
Aclareo mecánico cierre 470 rpm	0,77 (0,15)	2,24 (0,29)	0,46 (0,07)	0,15 (0,04)	1,17 (0,20)	2,38 (0,30)
Aclareo manual	1,22 (0,10)	1,78 (0,09)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	1,22 (0,10)	1,78 (0,09)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes						
Control vs Aclareo mecánico cierre	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,006
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 470 rpm	0,546	0,291	0,061	0,080	0,142	0,395
Aclareo manual vs Aclareo mecánico cierre	0,062	0,025	<0,001	<0,001	0,537	0,009
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad						
Tratamiento	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

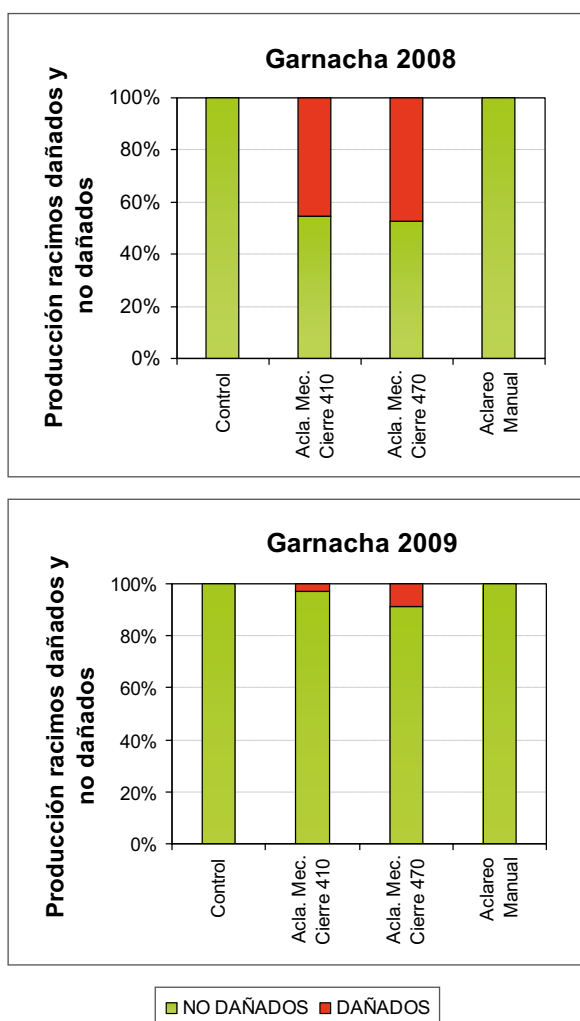


Figura 4.6. Variación de la producción de racimos “no dañados” y “dañados”, expresados como porcentaje, en Garnacha, en los años 2008 y 2009, Alfaro (La Rioja).

B.2. NÚMERO Y PORCENTAJE DE RACIMOS

En las cepas de Garnacha, el número de racimos “no dañados” se redujo con el aclareo mecánico en comparación con el control y con el aclareo manual, en los dos años estudiados (Tabla 4.4). En los años 2008 el 49% y en el año 2009 el 85% del número de racimos se debían a racimos “no dañados” (Figura 4.7). En general, el aclareo mecánico a 470 rpm disminuyó el número de racimos “no dañados”.

En los dos años, el número y porcentaje de racimos “dañados” y secos aumentó con el aclareo mecánico en comparación con el control y el aclareo manual (Tabla 4.4 y Figura 4.7). El 7% del número de racimos correspondía a racimos secos en el año 2008, mientras que en el año 2009 era el 8%. En general, al aumentar la intensidad de aclareo se incrementaba el número y el porcentaje de racimos “dañados” y secos.

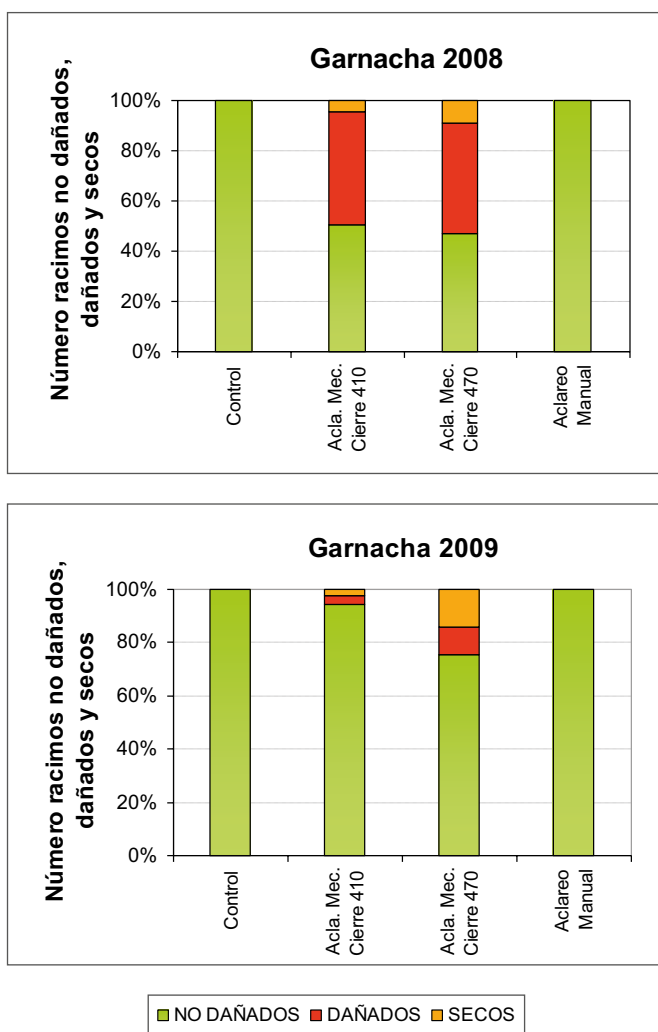


Figura 4.7. Variación del número de racimos “no dañados”, “dañados” y secos expresados como porcentaje en Garnacha, en los años 2008 y 2009, Alfaro (La Rioja).

Tabla 4.4. Influencia del aclareo mecánico en el número de racimos de Garnacha “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas), “dañados” (entre el 5% y 90% de bayas dañadas) y secos (más del 90% de bayas dañadas), en los años 2008 y 2009, Alfaro (La Rioja). Valores promedio $\pm$ errores estándar (entre paréntesis) y análisis de varianza.

Tratamiento	Número racimos “no dañados”/cepa		Número racimos “dañados”/cepa		Número racimos secos/cepa	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009
Control	15,44 (0,80)	14,36 (0,92)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)
Aclareo mecánico cierre 410 rpm	7,16 (0,81)	13,08 (0,75)	6,04 (0,67)	0,54 (0,22)	0,68 (0,24)	0,46 (0,24)
Aclareo mecánico cierre 470 rpm	5,76 (0,75)	10,13 (0,83)	3,36 (0,62)	1,42 (0,36)	0,00 (0,00)	1,83 (0,32)
Aclareo manual	10,72 (0,58)	9,72 (0,41)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes						
Control vs Aclareo cierre	<0,001	0,003	<0,001	<0,001	0,024	<0,001
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 470 rpm	0,185	0,007	0,296	<0,001	<0,001	<0,001
Aclareo manual vs Aclareo cierre	<0,001	0,043	<0,001	0,003	0,024	<0,001
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad						
Tratamiento	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001



MORFOLOGÍA DEL RACIMO

A. TEMPRANILLO

El aclareo mecánico indujo en los racimos “no dañados”, una reducción de su peso y del número de bayas por racimo, y un aumento del peso de la baya en comparación al control, en los años 2007 y 2009 (Tablas 4.5 y 4.7). En ambos años, este descenso del peso del racimo y del número de bayas por racimo, e incremento del peso de la baya se indujo en ambas épocas de aclareo. Además, en el año 2007, el aclareo mecánico al inicio de envero causó un menor peso de racimo que al cierre de racimo. En el año 2008, el peso de la baya disminuyó en los racimos “no dañados” de las cepas con aclareo mecánico en comparación con el control pero no varió ni el número de bayas ni el peso de los mismos. En ese año, el descenso del peso de baya se reflejó en ambas épocas de aclareo. En los tres años de estudio (Tablas 4.5, 4.6 y 4.7), no se observaron diferencias significativas en el peso del racimo, en el número de bayas por racimo y en el peso de la baya de los racimos “no dañados” entre las distintas intensidades de aclareo mecánico. En los racimos “no dañados” el aclareo mecánico al inicio de envero indujo un incremento de su peso en el año 2008 y un descenso de éste en el año 2009, en comparación al aclareo manual. El aclareo mecánico aumentó el peso de la baya respecto al aclareo manual, en los dos años de estudio. Además en el año 2009, el aclareo mecánico provocó un descenso en el número de bayas por racimo.

Tabla 4.5. Influencia del aclareo mecánico en el peso del racimo, número de bayas del racimo y peso de la baya en racimos de Tempranillo “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas) y “dañados” (entre el 5% y 90% de bayas dañadas) en el año 2007, Ollauri (La Rioja). Valores promedio $\pm$ errores estándar (entre paréntesis) y análisis de varianza.

Tratamiento	Racimos “no dañados”			Racimos “dañados”		
	Peso racimo (g)	Número bayas/racimo	Peso baya (g)	Peso racimo (g)	Número bayas/racimo	Peso baya (g)
Control	291,8 (15,37)	175,5 (8,14)	1,67 (0,05)	291,8 (15,37) ^(a)	175,5 (8,14) ^(a)	1,67 (0,05) ^(a)
Aclareo mecánico cierre 410 rpm	245,5 (24,38)	136,3 (12,87)	1,79 (0,05)	186,7 (21,79)	115,9 (14,50)	1,43 (0,11)
Aclareo mecánico cierre 470 rpm	273,2 (24,67)	140,6 (12,12)	1,94 (0,03)	204,3 (11,54)	115,4 (7,63)	1,70 (0,05)
Aclareo mecánico envero 410 rpm	216,8 (17,08)	119,2 (11,34)	1,85 (0,04)	139,7 (16,73)	78,03 (9,83)	1,70 (0,05)
Aclareo mecánico envero 470 rpm	196,6 (20,23)	113,4 (12,08)	1,74 (0,02)	130,6 (13,26)	80,5 (9,76)	1,58 (0,06)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes						
Control vs Aclareo mecánico (todos ttos)	0,003	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,324
Control vs Aclareo cierre	0,042	0,003	0,001	<0,001	<0,001	0,164
Control vs Aclareo envero	0,001	<0,001	0,023	<0,001	<0,001	0,717
Aclareo cierre vs Aclareo envero	0,018	0,071	0,210	0,001	0,001	0,278
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 470 rpm	0,863	0,951	0,778	0,815	0,927	0,292
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad						
Tratamiento	0,005	0,001	0,020	<0,001	<0,001	0,029

^(a) Datos correspondientes al tratamiento Control, todos los racimos son “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas)



Tabla 4.6. Influencia del aclareo mecánico en el peso del racimo, número de bayas del racimo y peso de la baya en racimos de Tempranillo “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas), y “dañados” (entre el 5% y 90% de bayas dañadas) en el año 2008, Ollauri (La Rioja). Valores promedio $\pm$ errores estándar (entre paréntesis) y análisis de varianza.

Tratamiento	Racimos “no dañados”			Racimos “dañados”		
	Peso racimo (g)	Número bayas/racimo	Peso baya (g)	Peso racimo (g)	Número bayas/racimo	Peso baya (g)
Control	229,8 (7,38)	119,6 (5,00)	1,96 (0,04)	229,8 (7,38) ^(a)	119,6 (5,00) ^(a)	1,96 (0,04) ^(a)
Aclareo mecánico cierre 410 rpm	255,1 (11,28)	140,3 (8,59)	1,77 (0,05)	201,7 (18,68)	115,7 (11,88)	1,68 (0,03)
Aclareo mecánico cierre 440 rpm	222,7 (10,19)	121,9 (7,82)	1,77 (0,04)	152,2 (16,37)	92,1 (12,33)	1,63 (0,06)
Aclareo mecánico cierre 470 rpm	256,9 (10,86)	131,0 (5,42)	1,87 (0,05)	202,7 (25,63)	132,8 (17,47)	1,96 (0,05)
Aclareo mecánico envero 410 rpm	218,6 (8,84)	117,5 (7,33)	1,81 (0,01)	203,8 (16,40)	124,0 (15,60)	1,69 (0,07)
Aclareo mecánico envero 440 rpm	213,5 (8,56)	121,6 (6,93)	1,71 (0,04)	193,1 (23,18)	109,1 (14,19)	1,70 (0,07)
Aclareo mecánico envero 470 rpm	240,5 (10,47)	131,6 (5,92)	1,75 (0,05)	197,3 (14,85)	121,2 (9,97)	1,55 (0,05)
Aclareo manual	200,5 (7,55)	129,1 (5,58)	1,63 (0,08)	ne	ne	ne
Valores de probabilidad (p) de los contrastes						
Control vs Aclareo mecánico (todos ttos)	0,664	0,077	0,001	0,023	0,804	<0,001
Control vs Aclareo cierre	0,197	0,059	0,008	0,019	0,949	<0,001
Control vs Aclareo envero	0,631	0,164	0,001	0,024	0,695	<0,001
Aclareo cierre vs Aclareo envero	0,012	0,174	0,233	0,390	0,671	0,639
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 440 rpm	0,061	0,287	0,300	0,161	0,165	0,680
Aclareo 440 rpm vs Aclareo 470 rpm	0,062	0,156	0,171	0,042	0,053	0,401
Aclareo manual vs Aclareo mecánico envero	0,040	0,475	0,001	ne	ne	ne
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad						
Tratamiento	0,001	0,098	<0,001	0,131	0,497	<0,001

^(a) Datos correspondientes al tratamiento Control, todos los racimos son “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas)

ne: datos no existentes

Tabla 4.7. Influencia del aclareo mecánico en el peso del racimo, número de bayas del racimo y peso de la baya en racimos de Tempranillo “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas), y “dañados” (entre el 5% y 90% de bayas dañadas) en el año 2009, Ollauri (La Rioja). Valores promedio $\pm$ errores estándar (entre paréntesis) y análisis de varianza.

Tratamiento	Racimos “no dañados”			Racimos “dañados”		
	Peso racimo (g)	Número bayas/racimo	Peso baya (g)	Peso racimo (g)	Número bayas/racimo	Peso baya (g)
Control	360,5 (15,64)	198,0 (9,49)	1,78 (0,08)	360,5 (15,64) ^(a)	198,0 (9,49) ^(a)	1,78 (0,08) ^(a)
Aclareo mecánico cierre 410 rpm	296,4 (13,85)	141,7 (6,83)	2,01 (0,07)	199,5 (30,19)	123,4 (29,26)	1,66 (0,19)
Aclareo mecánico cierre 440 rpm	285,9 (18,28)	127,7 (8,55)	2,13 (0,04)	162,0 (37,73)	75,2 (17,94)	2,14 (0,11)
Aclareo mecánico cierre 470 rpm	314,6 (34,60)	148,1 (13,15)	1,98 (0,06)	192,3 (19,47)	106,1 (16,69)	1,75 (0,07)
Aclareo mecánico envero 410 rpm	308,1 (13,98)	140,9 (7,02)	2,10 (0,06)	135,4 (25,49)	71,9 (13,91)	1,81 (0,12)
Aclareo mecánico envero 440 rpm	249,5 (12,11)	120,3 (6,52)	2,00 (0,06)	159,3 (24,53)	76,9 (12,04)	1,95 (0,14)
Aclareo mecánico envero 470 rpm	308,6 (20,57)	135,9 (7,28)	2,14 (0,07)	191,8 (29,35)	91,5 (12,06)	1,93 (0,08)
Aclareo manual	320,6 (14,26)	188,6 (14,95)	1,72 (0,08)	ne	ne	ne
Valores de probabilidad (p) de los contrastes						
Control vs Aclareo mecánico (todos ttos)	0,002	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,363
Control vs Aclareo cierre	0,008	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,530
Control vs Aclareo envero	0,002	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,329
Aclareo cierre vs Aclareo envero	0,534	0,396	0,469	0,345	0,142	0,663
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 440 rpm	0,085	0,076	0,869	0,824	0,251	0,065
Aclareo 440 rpm vs Aclareo 470 rpm	0,072	0,069	0,920	0,268	0,190	0,116
Aclareo manual vs Aclareo mecánico envero	0,001	<0,001	<0,001	ne	ne	ne
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad						
Tratamiento	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,154

^(a) Datos correspondientes al tratamiento Control, todos los racimos son “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas)

ne: datos no existentes



En los racimos "dañados" el aclareo mecánico indujo un descenso significativo de su peso, en los tres años de estudio (Tablas 4.5, 4.6 y 4.7). Este descenso en el peso del racimo "dañado" alcanzó el 47% en el año 2007, el 16% en el año 2008 y el 52% en el año 2009. La disminución del peso del racimo "dañado" fue significativa en ambas épocas de aclareo, durante los tres años analizados. Además en el año 2007, el aclareo mecánico al inicio de enero indujo una disminución del peso del racimo "dañado" en comparación con el aclareo mecánico a cierre de racimo. En el año 2008, el aclareo mecánico provocó en los racimos "dañados" una reducción significativa del peso de la baya respecto al control, en ambas épocas de aclareo. Sin embargo, en los años 2007 y 2009, el peso de la baya de los racimos "dañados" no varió significativamente. En los años 2007 y 2009, el aclareo mecánico disminuyó el número de bayas de los racimos "dañados" en comparación al control, en ambas épocas de aclareo. Además en el año 2007, el aclareo mecánico al inicio de enero indujo una disminución del número de bayas del racimo "dañado" frente al aclareo mecánico a cierre de racimo. No se observaron diferencias significativas entre las intensidades de aclareo mecánico en el peso del racimo, en el peso de la baya y en el número de bayas por racimo de los racimos "dañados", durante los tres años estudiados.

B. GARNACHA

En los racimos "no dañados" de la variedad Garnacha, el aclareo mecánico provocó un descenso significativo de su peso y del peso de la baya respecto al control, en el año 2008 (Tabla 4.8). En este año, no se observaron diferencias en el número de bayas por racimo en los racimos "no dañados". En el año 2008, entre las intensidades de aclareo no se observaron diferencias significativas en los racimos "no dañados" en el peso del racimo, en el número de bayas por racimo y en el peso de la baya. En dicho año, tampoco se observaron diferencias significativas en los racimos "no dañados" al comparar el aclareo mecánico y el aclareo manual en el peso del racimo, en el número de bayas por racimo y en el peso de la baya.

En los racimos "dañados" de Garnacha, el aclareo mecánico provocó una reducción de su peso, del peso de la baya y del número de bayas por racimo, en el año 2008 (Tabla 4.8). En ese año, entre las intensidades de aclareo mecánico no se observaron diferencias significativas en el peso del racimo, en el número de bayas por racimo y en el peso de la baya.



Tabla 4.8. Influencia del aclareo mecánico en el peso del racimo, número de bayas del racimo y peso de la baya en racimos de Gamacha “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas), y “dañados” (entre el 5% y 90% de bayas dañadas) en el año 2008, Alfaro (La Rioja). Valores promedio $\pm$ errores estándar (entre paréntesis) y análisis de varianza.

Tratamiento	Racimos “no dañados”			Racimos “dañados”		
	Peso racimo (g)	Número bayas/racimo	Peso baya (g)	Peso racimo (g)	Número bayas/racimo	Peso baya (g)
Control	133,1 (8,69)	80,86 (5,38)	1,60 (0,04)	133,1 (8,69) ^(a)	80,86 (5,38) ^(a)	1,60 (0,04) ^(a)
Aclareo mecánico cierre 410 rpm	121,3 (9,06)	76,88 (7,28)	1,53 (0,03)	113,0 (11,03)	72,79 (8,68)	1,53 (0,05)
Aclareo mecánico cierre 470 rpm	100,0 (12,33)	61,95 (7,76)	1,49 (0,04)	90,4 (10,02)	59,89 (7,39)	1,45 (0,02)
Aclareo manual	124,5 (7,48)	77,10 (6,07)	1,57 (0,04)	ne	ne	ne
Valores de probabilidad (p) de los contrastes						
Control vs Aclareo mecánico cierre	0,043	0,156	0,040	0,004	0,043	0,015
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 470 rpm	0,125	0,119	0,441	0,071	0,151	0,109
Aclareo manual vs Aclareo cierre	0,240	0,352	0,215	ne	ne	ne
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad						
Tratamiento	0,100	0,200	0,177	<0,001	<0,001	<0,001

^(a) Datos correspondientes al tratamiento Control, todos los racimos son “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas)

ne: datos no existentes

COMPACIDAD DEL RACIMO

A. TEMPRANILLO

La influencia del aclareo mecánico en la compacidad del racimo de la variedad Tempranillo en los tres años de estudio se presenta en la tabla 4.9. En el año 2007, la compacidad de los racimos "no dañados" en las cepas con aclareo mecánico sufrió un descenso significativo. Esta reducción de la compacidad de los racimos "no dañados" se mostró en ambas épocas de aclareo. En ese año, no se observaron diferencias significativas ni entre la época, ni entre la intensidad de aclareo. En los años 2008 y 2009, el aclareo mecánico no alteró significativamente la compacidad de los racimos "no dañados". En ambos años, la época y la intensidad de aclareo mecánico no afectaron significativamente a la compacidad del racimo. Al comparar el aclareo mecánico al inicio de enero con el aclareo manual la compacidad de los racimos "no dañados" no se observaron diferencias significativas.

El aclareo mecánico provocó una disminución de la compacidad de los racimos "dañados" de Tempranillo, en los tres años de estudio (Tabla 4.9). Este descenso de la compacidad del racimo se apreció en ambas épocas de aclareo. No se observaron diferencias significativas en la compacidad de los racimos "dañados" ni entre la época, ni entre la intensidad de aclareo mecánico, en los tres años analizados.



Tabla 4.9. Influencia del aclareo mecánico en la compactación de los racimos de Tempranillo “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas) y “dañados” (entre el 5% y 90% de bayas dañadas) en los años 2007, 2008 y 2009, Ollauri (La Rioja). Valores promedio $\pm$ errores estándar (entre paréntesis) y análisis de varianza.

Tratamiento	Compacidad del racimo						
	Racimos “no dañados”			Racimos “dañados”			
	2007	2008	2009	2007	2008	2009	
Control	6,33 (0,32)	4,52 (0,19)	5,32 (0,28)	6,33 (0,32) ^(a)	4,52 (0,19) ^(a)	5,32 (0,28) ^(a)	
Aclareo mecánico cierre 410 rpm	4,40 (0,22)	4,30 (0,16)	5,02 (0,14)	4,00 (0,21)	3,30 (0,23)	4,00 (0,45)	
Aclareo mecánico cierre 440 rpm	ne	4,64 (0,16)	5,47 (0,14)	ne	3,64 (0,23)	4,12 (0,32)	
Aclareo mecánico cierre 470 rpm	4,80 (0,33)	4,92 (0,18)	4,84 (0,17)	3,90 (0,28)	3,97 (0,26)	3,73 (0,27)	
Aclareo mecánico envero 410 rpm	5,00 (0,15)	5,04 (0,19)	5,32 (0,20)	4,20 (0,20)	3,84 (0,22)	3,91 (0,28)	
Aclareo mecánico envero 440 rpm	ne	4,46 (0,19)	4,91 (0,14)	ne	3,57 (0,31)	3,17 (0,23)	
Aclareo mecánico envero 470 rpm	4,29 (0,18)	4,58 (0,23)	4,95 (0,19)	4,40 (0,16)	3,77 (0,20)	3,00 (0,00)	
Aclareo manual	ne	4,76 (0,18)	5,12 (0,26)	ne	ne	ne	
Valores de probabilidad (p) de los contrastes							
Control vs Aclareo mecánico (todos ttos)	<0,001	0,489	0,331	<0,001	<0,001	<0,001	
Control vs Aclareo cierre	<0,001	0,638	0,400	<0,001	<0,001	<0,001	
Control vs Aclareo envero	<0,001	0,412	0,304	<0,001	<0,001	<0,001	
Aclareo cierre vs Aclareo envero	0,904	0,620	0,725	0,289	0,874	0,858	
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 470 rpm	0,598	ne	ne	0,859	ne	ne	
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 440 rpm	ne	0,513	0,914	ne	0,939	0,872	
Aclareo 440 rpm vs Aclareo 470 rpm	ne	0,276	0,088	ne	0,241	0,324	
Aclareo manual vs Aclareo mecánico envero	ne	0,817	0,813	ne	ne	ne	
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad							
Tratamiento	<0,001	0,104	0,095	<0,001	0,495	0,234	

^(a) Datos correspondientes al tratamiento Control, todos los racimos son “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas)

ne: datos no existentes

B. GARNACHA

El aclareo mecánico en Garnacha indujo una reducción significativa de la compacidad de los racimos “no dañados”, frente al control y al aclareo manual (Tabla 4.13). No se observaron diferencias significativas entre las intensidades de aclareo, en la compacidad de los racimos “no dañados”.

Los racimos “dañados” sufrieron una fuerte descompactación en el único año de estudio, respecto al control (Tabla 4.13).

Tabla 4.10. Influencia del aclareo mecánico en la compacidad de los racimos de Garnacha “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas) y “dañados” (entre el 5% y 90% de bayas dañadas) en el año 2008, Alfaro (La Rioja). Valores promedio $\pm$ errores estándar (entre paréntesis) y análisis de varianza.

Tratamiento	Compacidad del racimo	
	Racimos “no dañados”	Racimos “dañados”
Control	4,01 (0,16)	4,01 (0,16) ^(a)
Aclareo mecánico cierre 410 rpm	3,48 (0,21)	1,80 (1,00)
Aclareo mecánico cierre 470 rpm	3,42 (0,20)	1,53 (1,00)
Aclareo manual	4,41 (0,16)	ne
Valores de probabilidad (p) de los contrastes		
Control vs Aclareo mecánico cierre	0,012	<0,001
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 470 rpm	0,801	0,541
Aclareo manual vs Aclareo cierre	<0,001	ne
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad		
Tratamiento	<0,001	<0,001

^(a) Datos correspondientes al tratamiento Control, todos los racimos son “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas)

ne: datos no existentes



DISCUSIÓN

Componentes de la producción

El aclareo mecánico por vibración usando la vendimiadora alteró notablemente los componentes de la producción, y provocó una reducción del rendimiento productivo de los viñedos de Tempranillo y Garnacha. El amplio rango de variación en el descenso de la producción desde un 58% hasta un 15%, indica que sería posible regular el rendimiento del viñedo mediante el aclareo mecánico modificando las condiciones de trabajo de la vendimiadora, para eliminar más o menos producción de uva según las necesidades de cada parcela.

Las primeras experiencias de aclareo mecánico a nivel mundial tuvieron lugar en el noreste de Estados Unidos, sobre viñedos cultivados para la producción de zumos, donde se consiguió reducir su producción (Pool et al., 1993; Fendinger et al., 1996). Posteriormente, es en Australia donde se empieza a reducir la producción mecánicamente, en viñedos de uva de vinificación, con un despunte muy intenso en verde con el que se eliminan pámpanos y frutos antes de la maduración (Clingeleffer et al., 2002). Más recientemente, investigadores australianos (Petrie y Clingeleffer, 2006) demostraron que es posible realizar un aclareo mecánico utilizando una máquina de vendimiar. La experiencia australiana, fue realizada en un viñedo de Cabernet Sauvignon conducido en cuádruple cordón Royat

y con rendimientos de uva muy elevados (entre 28.000 y 57.000 kg/ha). Estas experiencias australianas son sumamente interesantes, pero se realizaron en condiciones muy diferentes a la viticultura española, por lo que se refiere a la variedad de vid, sistema de conducción y rendimiento de uva.

En España y en Europa los rendimientos productivos son mucho menores, el viñedo está generalmente conducido en espaldera. En este tipo de viñedos la uva no se presenta de forma diseminada por toda la masa vegetativa, sino concentrada en una pequeña zona cercana al tronco, lo que dificulta notablemente la ejecución de un aclareo selectivo en una parte concreta de la *canopy*, sin dañar el resto de racimos ni producir un aclareo excesivo.

Inicialmente, el aclareo mecánico fue realizado sobre la totalidad de la *canopy* de la planta (Pool et al., 1993). Más tarde, tras un proceso de estudio y ajuste, Petrie y Clingeleffer (2006) introducen la novedad de actuar solamente sobre los frutos de una parte de la *canopy*. Esto es especialmente importante en viñedos con poda mínima, donde es posible eliminar los frutos de la parte superior de la *canopy* (más susceptible de sufrir quemaduras por el sol) o bien, actuar sobre los frutos de la parte inferior (racimos más sombreados). En estas experiencias



era necesario quitar la mayoría de sacudidores de la máquina vendimiadora y ajustar la altura de la misma para provocar el aclareo en la zona deseada.

Los autores australianos utilizaron la vendimiadora cuando las bayas alcanzaban tamaño guisante (cerca 7 mm de diámetro), porque consideraron que era la fase más idónea, ya que las bayas alcanzaban el peso suficiente para que pudieran ser eliminadas por la vendimiadora. Es importante recordar, que en nuestros ensayos de aclareo mecánico el desprendimiento de los racimos y/o bayas fue provocado por vibración, no por el golpeo directo de los frutos como el caso de los ensayos realizados en Australia por Petrie y Clingeleffer (2006). El efecto del aclareo mecánico, tanto en nuestro caso como en Australia, fue doble: a) una proporción de racimos y bayas se desprendían de la cepa y caían al suelo (Figura 4.8), y b) otra proporción de racimos y de bayas dañados permanecían en la cepa pero que terminaban secándose en un breve período de tiempo; el resultado final del aclareo mecánico era la suma de ambas proporciones (Figura 4.9). Es importante considerar que en nuestro estudio, la mayoría de racimos que se obtenían en la vendimia eran "no dañados", y durante la vendimia mecánica las bayas de los racimos "secos" no se desprendían, debido a su bajo peso unitario (datos no presentados).

Figura 4.8. Uva recogida por la vendimiadora después de realizar un aclareo mecánico en cierre del racimo. Se puede observar que en la uva recogida por la vendimiadora existen racimos enteros, trozos de racimo y bayas sueltas.





Figura 4.9. Pedúnculo roto tras ejecutar el aclareo mecánico en cierre de racimo (izquierda). Estado de la uva en vendimia en el viñedo donde se ha realizado un aclareo mecánico. Se puede observar la existencia tanto de racimos secos, junto con otros racimos completamente sanos (derecha).

La disminución de la producción observada en nuestros ensayos (15-58%) es coherente con lo descrito en otros estudios a pesar de las notables diferencias de tipo operativo ya descritas (Pool et al, 1993; Fendinger et al, 1996; Clingeleffer 1993, Clingeleffer et al, 2002; Petrie y Clingeleffer, 2006; Tardáguila et al., 2008; Tardáguila

et al., 2012). Por otro lado, los rendimientos medios de los viñedos en nuestra experiencia fueron muy inferiores a los descritos en trabajos previos (Petrie y Clingeleffer, 2006). En estos trabajos, el aclareo se realizó en viñedos con poda mínima, con riego abundante, y cuyas producciones eran mucho más elevadas (Clingeleffer, 1993; Clingeleffer et al, 2002; Petrie y Clingeleffer, 2006).

En nuestros ensayos, el aclareo mecánico ha modificado los componentes de la producción en las dos variedades estudiadas por diferentes motivos. Primero, el aclareo con vendimiadora ha reducido el número de racimos por cepa, aumentando el número de racimos secos. Segundo, el aclareo mecánico también ha disminuido el peso del racimo, tanto en los racimos "no dañados" como en los racimos "dañados". La reducción del número de racimos y del peso del racimo causó un descenso global del rendimiento de uva, tanto en Tempranillo, como en Garnacha. Similares observaciones han sido descritas en Cabernet Sauvignon por otros autores (Petrie y Clingeleffer 2006).

En general, el aclareo mecánico realizado con vendimiadora redujo el número de bayas por racimo. Este efecto del aclareo con vendimiadora, es una diferencia muy notable respecto del aclareo manual, el cual solo tiene un impacto sobre el número de racimos por cepa, pero no



afecta al número de bayas por racimo. Así, el aclareo mecánico puede permitir obtener racimos más sueltos y con menos bayas. La modificación de la morfología del racimo, haciéndolo menos compacto y con menor número de bayas, es una de las ventajas del aclareo mecánico. 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 puede traducir en una maduración más homogénea de la uva. Este es un importante resultado en variedades como Tempranillo (y también en Garnacha con escaso "corrimiento"), ya que normalmente presenta racimos grandes y compactos, incluso en viñedos de secano (Tardáguila et al., datos nos mostrados). Los efectos del aclareo mecánico sobre la compacidad de los racimos "dañados" han sido más acusados que sobre los racimos "no dañados". Así, los racimos "dañados" eran más sueltos y pequeños. Resultados similares fueron observados en estudios previos de aclareo mecánico en Tempranillo y Garnacha (Tardáguila et al., 2008). La disminución del número de bayas es particularmente interesante, pues en otros estudios, el aclareo mecánico no afectaba de forma significativa al peso de racimo ni al número de bayas por racimo, lo que llevaba a los autores a descartar la escisión parcial de bayas o partes del racimo (Clingeleffer et al; 2002; Petrie y Clingeleffer, 2006).

En los resultados de nuestro trabajo no se apreciaba una tendencia clara sobre el impacto del aclareo mecánico en el peso de la baya. Otros autores observaron que el aclareo mecánico provocaba un aumento del tamaño de la baya (Tardáguila et al., 2012), pero en general, era menor que el aumento de la baya observado en el aclareo manual (Petrie y Clingeffer, 2006). En otros estudios (Kaps y Cahoon, 1989; Reynolds et al., 1994) también se ha observado un aumento del peso de la baya como respuesta al aclareo manual provocado por un efecto compensatorio (menor producción, mayor tamaño de la baya).

La disminución de la producción como consecuencia del aclareo mecánico no fue homogénea a nivel de cepa, de hecho se observó una gran variabilidad en la morfología de los racimos. La heterogeneidad de los racimos en vendimia sugirió la realización de una clasificación visual y separación de los racimos en tres clases: no dañados, dañados y secos, como se explica en el apartado anterior de materiales y métodos. Una hipótesis que podría explicar la variabilidad de resultados del aclareo mecánico sería que en las cepas o pulgares con más vigor (con un mayor amontonamiento de los racimos), el efecto de la vibración del aclareo mecánico disminuiría, originando racimos menos afectados. Lo contrario sucedería en cepas y pulgares menos vigorosos.



La disminución de la producción de uva por cepa, en general, no dependía de la época en que se realizó el aclareo mecánico, ya que las diferencias entre las épocas fueron mínimas. Estos resultados podrían indicar que se dispone de un periodo de tiempo amplio (20-25 días) para controlar el rendimiento mediante esta técnica mecánica. Es decir, se podría aplicar el aclareo mecánico desde el cierre del racimo hasta el inicio de envero.

La ausencia de diferencias significativas entre las intensidades de aclareo mecánico indica que la intensidad de aclareo mecánico no supuso un cambio significativo de los parámetros productivos. Resultados similares fueron observados también en otros ensayos previos (Tardáguila et al., 2008). Asimismo, en otros estudios realizados sobre la variedad Concord (*Vitis lambrusca*), en los que los sacudidores golpeaban toda la *canopy* de la cepa, se observaban diferencias significativas en el porcentaje de uva eliminada según la intensidad de los sacudidores (Pool et al., 1993), debido probablemente a la gran diferencia entre las frecuencias de los sacudidores utilizadas (175 y 275 rpm). Los resultados obtenidos sugieren que otros parámetros como velocidad de avance y el número de sacudidores, podrían ser relevantes para regular la vendimiadora. Sería aconsejable seguir estudiando con estos parámetros en futuros ensayos, para comprobar

el impacto que podrían tener sobre la regulación de la producción de uva en el viñedo.

Por otro lado, otra técnica novedosa de control mecánico del rendimiento productivo del viñedo es el deshojado precoz mecánico (Intrieri et al., 2008; Tardáguila et al., 2010, 2012). El deshojado precoz induce una reducción de la tasa de cuajado que provoca un descenso en la producción de uva (Poni et al., 2006), la reducción del rendimiento productivo del viñedo era similar utilizando tanto el aclareo mecánico como el deshojado precoz mecánico (Intrieri et al., 2008; Tardáguila et al., 2012). Sin embargo, el aclareo mecánico presenta una clara ventaja sobre el deshojado precoz con deshojadora: la regulación de la producción se realiza cuando los racimos ya están formados. Esta ventaja hay que tenerla en cuenta sobre todo cuando el deshojado precoz se realiza en variedades sensibles al corrimiento o en zonas frías con problemas de "millerandage". En este sentido, el aclareo mecánico aparece como una técnica más "conservadora" que el deshojado precoz mecánico (Tardáguila et al., 2012).

Por otro lado, conviene recordar que los tiempos de trabajo del aclareo mecánico, en ensayos similares a los realizados en este trabajo, eran del orden de 1,5 horas por hectárea, frente a las 50 horas necesarias para hacer el mismo tipo de aclareo de forma manual (Tardáguila y



Martínez de Toda, 2007; Tardáguila et al., 2008). En el presente estudio, el único órgano de la máquina de vendimiar operativo era el cabezal con los sacudidores. El resto de equipos y sistemas de recogida de la uva (transporte, limpieza, despalillado y almacenamiento en las tolvas) no eran necesarios y estaban totalmente desconectados. Esto explica que el coste potencial del aclareo mecánico pudiera ser mucho menor que una vendimia mecánica. Además, el aclareo mecánico se debe llevar a cabo en julio y agosto, periodo de tiempo alejado de la época de máxima demanda de trabajo de las vendimiadoras, que es en vendimia.

Los ensayos que aquí se presentan forman parte de las primeras experiencias de aclareo mecánico por vibración en Europa mediante el uso de una vendimiadora llevadas a cabo por investigadores de la Universidad de La Rioja (Tardáguila y Martínez de Toda 2007; Tardáguila et al., 2008; Tardáguila et al., 2012). Todos los resultados indican que el aclareo mecánico es una técnica alternativa para regular el exceso de producción y favorecer una viticultura de calidad. Es importante recordar que hasta ahora, la única posibilidad que tenía el viticultor para equilibrar la producción era la de recurrir al aclareo manual de racimos, práctica que es muy común en una viticultura de alta calidad (Ridomi et al., 1995; García-Escudero y Zaballa, 2000; Ridomi et al., 1995; Guidoni et al.,

2012; Keller et al., 2005; García-Escudero, 2006). El aclareo manual de racimos es una operación muy cara y con grandes necesidades de mano de obra (Martínez de Toda y Tardáguila, 2003). Parece por tanto evidente que es necesario incrementar el grado de mecanización con el fin de reducir los costes de producción (Martínez de Toda y Tardáguila, 2003). De ahí, el gran interés en una viticultura sostenible de poder aplicar nuevas técnicas alternativas al aclareo manual, para poder controlar la producción de uva de forma mecánica.

En general, el aclareo mecánico parece una técnica innovadora, competitiva, rápida y eficaz para el control de la producción de uva utilizando una máquina de vendimiar convencional.



4.1.2. ESTADO SANITARIO DE LA UVA

A. TEMPRANILLO

La influencia del aclareo mecánico en el estado sanitario de la uva Tempranillo expresada como incidencia de *Botrytis*, se muestra en la tabla 4.11. En el año 2007, el estado sanitario de la uva fue extraordinariamente bueno, la incidencia de *Botrytis* fue nula en todos los tratamientos estudiados, incluido el control. En los años 2008 y 2009, el aclareo mecánico provocó una reducción significativa de la incidencia de *Botrytis* en los racimos “no dañados”, respecto al control. En ambos años, las dos épocas de aclareo mecánico provocaron una menor incidencia de *Botrytis*, entre 66-54% al cierre del racimo y entre 53-60% al inicio de enero. No se observaron diferencias significativas entre las distintas intensidades de aclareo mecánico. El aclareo mecánico al inicio de enero en comparación con el aclareo manual, provocó un descenso muy importante (entre 89-70%) en la incidencia de *Botrytis* en los racimos “no dañados” para los años 2008 y 2009.

Los racimos “dañados” del aclareo mecánico a cierre de racimo en el año 2008, presentaron un mejor estado sanitario frente al control (Tabla 4.11). El porcentaje de *Botrytis* fue significativamente menor (un 71%). Sin embargo, los racimos “dañados” correspondientes al aclareo mecánico

Tabla 4.11. Influencia del aclareo mecánico en la incidencia de *Botrytis* de los racimos de Tempranillo “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas) y “dañados” (entre el 5% y 90% de bayas dañadas) en los años 2007, 2008 y 2009, Ollauri (La Rioja). Valores promedio $\pm$ errores estándar (entre paréntesis) y análisis de varianza.

Tratamiento	Botrytis (%)					
	Racimos “no dañados”			Racimos “dañados”		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009
Control	0,00 (0,00)	4,70 (0,79)	5,80 (1,82)	0,00 (0,00) ^(a)	4,70 (0,79) ^(a)	5,80 (1,82) ^(a)
Aclareo mecánico cierre 410 rpm	0,00 (0,00)	2,10 (0,45)	3,60 (1,00)	0,00 (0,00)	1,83 (0,51)	0,82 (0,54)
Aclareo mecánico cierre 440 rpm	ne	1,60 (0,36)	2,24 (0,89)	ne	1,07 (0,47)	0,59 (2,85)
Aclareo mecánico cierre 470 rpm	0,00 (0,00)	1,10 (0,33)	2,39 (0,89)	0,00 (0,00)	1,22 (0,45)	4,55 (3,19)
Aclareo mecánico envero 410 rpm	0,00 (0,00)	2,08 (0,53)	3,30 (0,99)	0,00 (0,00)	7,58 (1,81)	1,03 (0,76)
Aclareo mecánico envero 440 rpm	ne	1,50 (0,33)	1,22 (0,62)	ne	6,90 (1,90)	1,23 (0,67)
Aclareo mecánico envero 470 rpm	0,00 (0,00)	2,08 (0,42)	2,47 (0,87)	0,00 (0,00)	7,00 (1,36)	0,49 (0,21)
Aclareo manual	ne	16,00 (2,87)	7,80 (2,40)	ne	ne	ne
Valores de probabilidad (p) de los contrastes						
Control vs Aclareo mecánico (todos ttos)	0,999	<0,001	0,006	0,999	0,509	<0,001
Control vs Aclareo mecánico cierre	0,999	<0,001	0,034	0,999	0,002	<0,001
Control vs Aclareo mecánico envero	0,999	<0,001	0,002	0,999	0,074	<0,001
Aclareo cierre vs Aclareo envero	0,999	0,615	0,161	0,999	<0,001	0,157
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 470 rpm	0,999	ne	ne	0,999	ne	ne
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 440 rpm	ne	0,441	0,116	ne	0,528	0,641
Aclareo 440 rpm vs Aclareo 470 rpm	ne	0,953	0,758	ne	0,669	0,549
Aclareo manual vs Aclareo mecánico envero	ne	<0,001	<0,001	ne	ne	ne
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad						
Tratamiento	0,792	<0,001	<0,001	0,999	<0,001	ne

^(a) Datos correspondientes al tratamiento Control, todos los racimos son “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas)

ne: datos no existentes



realizado al inicio del envero estaban significativamente más infectados de *Botrytis* (un 52%), respecto a los racimos “dañados” de cepas aclareadas al cierre del racimo. En el año 2009, el estado sanitario de los racimos “dañados” en el aclareo mecánico mejoró de manera significativa, respecto al control (Tabla 4.11). La incidencia de *Botrytis* descendió tanto en el aclareo mecánico a cierre de racimo (un 65%) como al inicio de envero (un 84%). En el estado sanitario de los racimos “dañados” no se observaron diferencias significativas entre las intensidades de aclareo mecánico, en ninguno de los tres años estudiados (Tabla 4.11).

B. GARNACHA

En el año 2008, los racimos de la variedad Garnacha analizados mostraron una nula incidencia de *Botrytis*. El estado sanitario de la uva fue excepcional para todos los tratamientos realizados, incluido el control (datos no mostrados).

DISCUSIÓN

Estado sanitario de la uva

El aclareo con vendimiadora no empeoró el estado sanitario de los racimos, ni afectó sustancialmente a la incidencia de *Botrytis*. Este resultado es muy importante ya que el aclareo mecánico era un tratamiento agresivo, que indujo la rotura de pedicelos y pedúnculos, hecho relevante ya que no se había aplicado ningún tratamiento antibottrítico. De este modo, los resultados del presente trabajo sugieren que el menor número de bayas por racimo obtenido por desprendimiento de bayas puede contribuir a mejorar el microclima de las bayas. Así, la probable mayor aireación de las bayas en racimos menos compactos podría ser la causa de la mejora del estado sanitario de la uva, en especial, la reducción de la incidencia de *Botrytis*. En los racimos "dañados" (con presencia de algunas bayas secas) se observó que descendía la incidencia de *Botrytis* sobre todo cuando el aclareo mecánico se realizaba al cierre del racimo. Además, no aumentó cuando el aclareo mecánico se ejecutaba al inicio de enero, que era la



época más problemática, ya que en esta época había ya comenzado la acumulación de azúcares en las bayas.

En general, la reducción del número de bayas y de la compacidad del racimo puede haber jugado un rol importante en frenar la incidencia de *Botrytis*. Otros autores (Poni et al., 2006; Intrieri et al., 2008; Tardáguila et al., 2010) también han asociado una menor incidencia de *Botrytis* con la menor compacidad de los racimos. Los resultados obtenidos en el presente trabajo son similares a los descritos en otros estudios (Pool et al., 1993; Tardáguila et al., 2008). Es posible que cualquier aumento en el potencial de infección por *Botrytis* debido al material necrosado o muerto presente en el racimo, fuera compensado por la reducción del número de bayas del racimo, observada como consecuencia del aclareo mecánico en algunos tratamientos (Pool et al., 1993).

4.1.3. SUPERFICIE FOLIAR

A. TEMPRANILLO

El aclareo mecánico no modificó significativamente la superficie foliar total por cepa, en los años 2007, 2008 y 2009 (Figura 4.10). Tampoco, la época de aclareo y la intensidad de los sacudidores afectaron a la superficie foliar total.

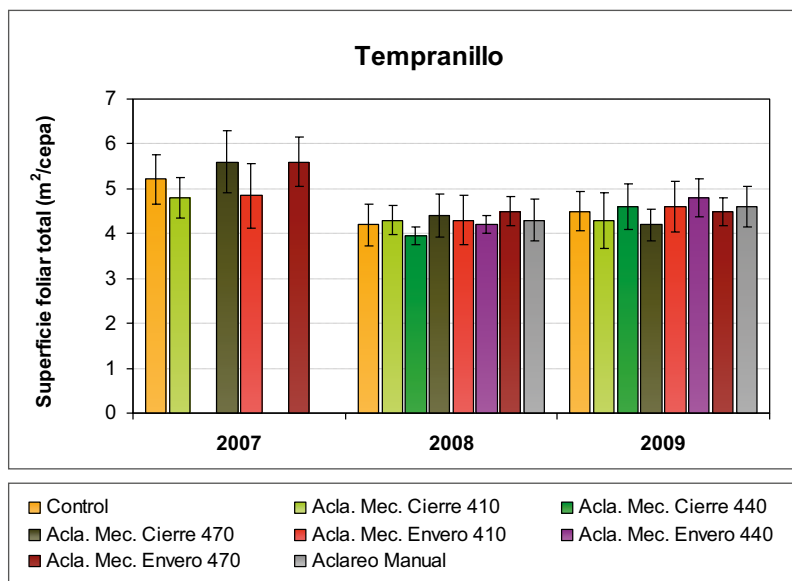


Figura 4.10. Superficie foliar total por cepa para todos los tratamientos estudiados en Tempranillo. Ollauri (La Rioja). Valores promedio $\pm$ error estándar.

B. GARNACHA

En la variedad Garnacha, tampoco el aclareo mecánico alteró la superficie foliar total por cepa (Figura 4.11). En ambos años, tampoco la intensidad de aclareo mecánico indujo diferencias significativas en la superficie foliar total.

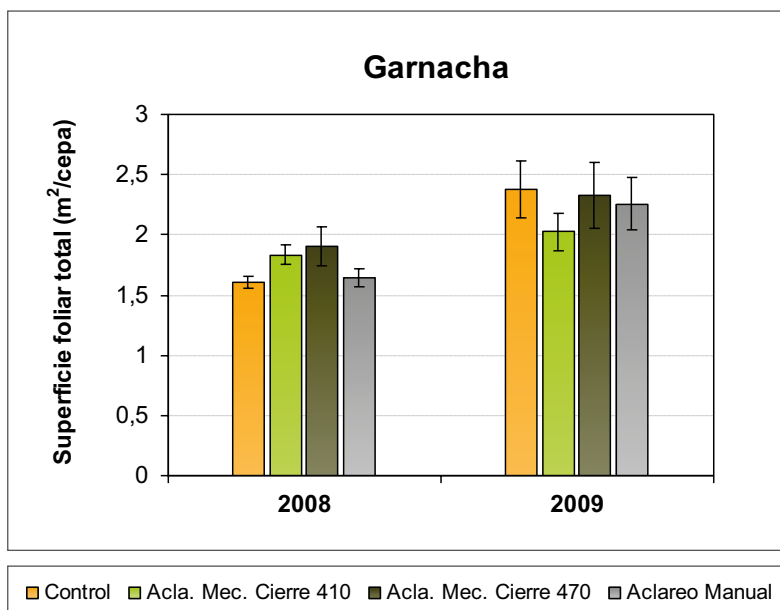


Figura 4.11. Superficie foliar total por cepa para todos los tratamientos estudiados en Garnacha. Alfaro (La Rioja). Valores promedio $\pm$ error estándar.

DISCUSIÓN

Superficie foliar

Las hojas son los principales órganos productores de carbohidratos, y por tanto tienen un papel esencial en la fisiología de la planta. El aclareo mecánico no alteró la superficie foliar total, ya que no provocó la eliminación de hojas durante su ejecución.

Al mantenerse la superficie foliar total tampoco se alteró la exposición de los racimos. Este aspecto es muy importante ya que en las épocas en que se realizó el aclareo mecánico a cierre del racimo y al inicio del envero son periodos muy sensibles a las quemaduras de los racimos (Mescalchin et al., 2008), sobre todo en zonas cálidas, donde una exposición excesiva, 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).

Por otro lado, este efecto nulo sobre la superficie foliar y sobre la exposición de los racimos del aclareo mecánico, es muy diferente al impacto del deshojado precoz mecánico sobre el microclima de los racimos (Tardáguila et al., 2010, 2012). De hecho, el deshojado precoz mecánico indujo un incremento de la porosidad de la *canopy* y de la exposición de los racimos (Tardáguila et al., 2010).



4.1.4. EQUILIBRIO VEGETATIVO-PRODUCTIVO

A. TEMPRANILLO

En los años 2007 y 2009 (Figura 4.12), el aclareo mecánico en Tempranillo indujo un aumento significativo de la relación entre la superficie foliar total y la producción de uva por cepa (SFT/P). Este incremento se observó tanto en el aclareo mecánico a cierre de racimo como al inicio de envero.

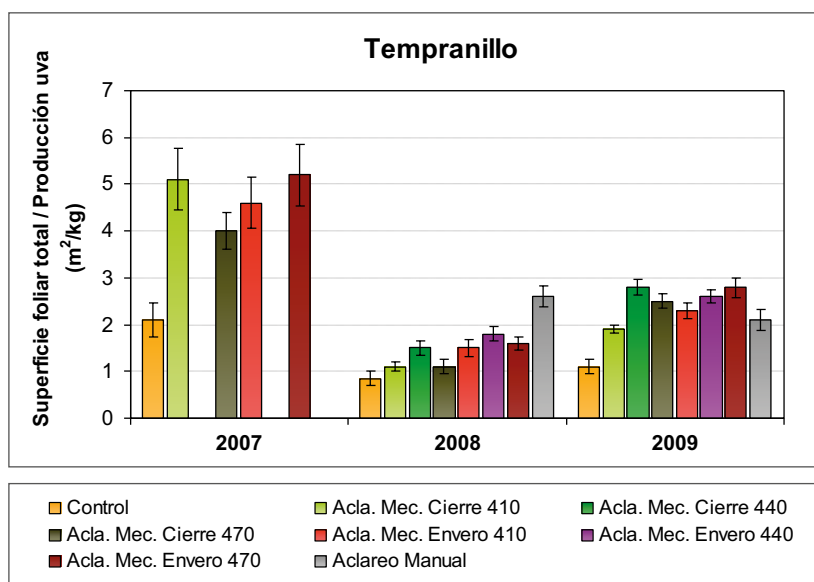


Figura 4.12. Relación entre superficie foliar total y producción de uva para todos los tratamientos estudiados en Tempranillo. Ollauri (La Rioja). Valores promedio $\pm$ error estándar.

B. GARNACHA

En el año 2008, en la variedad Garnacha, el aclareo mecánico provocó un aumento significativo de la relación entre la superficie foliar total y la producción de uva (Figura 4.13). En ese año, la intensidad 470 rpm también incrementó de manera significativa la ratio SFT/P, respecto a 410 rpm. Sin embargo, en el año 2009 ni el aclareo mecánico ni el aclareo manual alteraron significativamente la ratio SFT/P, respecto al control. Entre las intensidades de aclareo mecánico tampoco se observaron diferencias significativas, en el año 2009.

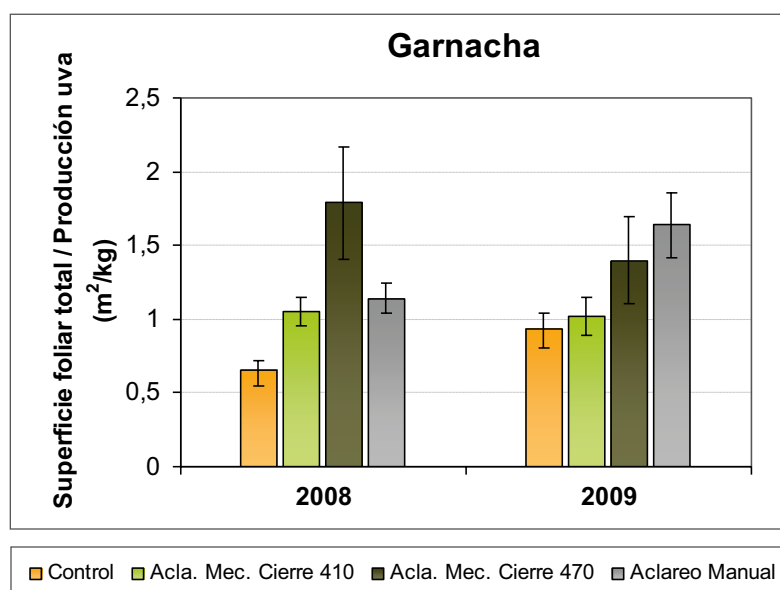


Figura 4.13. Relación entre superficie foliar total y producción de uva para todos los tratamientos estudiados en Garnacha. Alfaro (La Rioja). Valores promedio $\pm$ error estándar.



DISCUSIÓN

Equilibrio vegetativo-productivo

Los resultados confirman que al eliminar parte de la producción de uva con el aclareo mecánico y mantenerse la superficie foliar, la relación hoja-fruto aumentó, en general.

En otro estudio sobre la comparación de los efectos del aclareo mecánico con el deshojado precoz mecánico (Tardáguila et al., 2012), se observó un incremento de la relación hoja-fruto, expresada como la ratio entre área foliar total y producción de uva, como efecto de la reducción significativa de rendimiento de uva por cepa. Resultados similares fueron observados por Tardáguila et al., (2008) en ensayos de aclareo mecánico en Tempranillo y Garnacha.



4.2. EVOLUCIÓN DE LA MADURACIÓN DE LA UVA

A. TEMPRANILLO

En ninguno de los tres años de estudio se observaron diferencias destacables durante la maduración en la evolución del peso de la baya y de la concentración de sólidos solubles (azúcares) en la variedad Tempranillo, entre los principales tratamientos de aclareo mecánico y el control (Figura 4.14).

El descenso de la acidez a lo largo de la maduración se expresó en todos parámetros de acidez estudiados (Figuras 4.15 y 4.16). La acidez de la baya disminuyó a medida que avanzaba la maduración, principalmente por la menor concentración de ácido tartárico y málico. Como consecuencia, el pH aumentó. Los valores de acidez total y de pH fueron similares para los tratamientos de aclareo mecánico y el control.

Respecto a la madurez fenólica, los tratamientos de aclareo mecánico y del control siguieron una evolución similar en color y polifenoles, durante los años 2008 y 2009 (Figura 4.17). En las bayas procedentes de tratamientos de aclareo mecánico no se observaron variaciones importantes en el contenido de antocianos y polifenoles frente al control. En el año 2009, los valores la concentración de antocianos y polifenoles de las bayas con aclareo mecánico fueron superiores, en comparación al control.

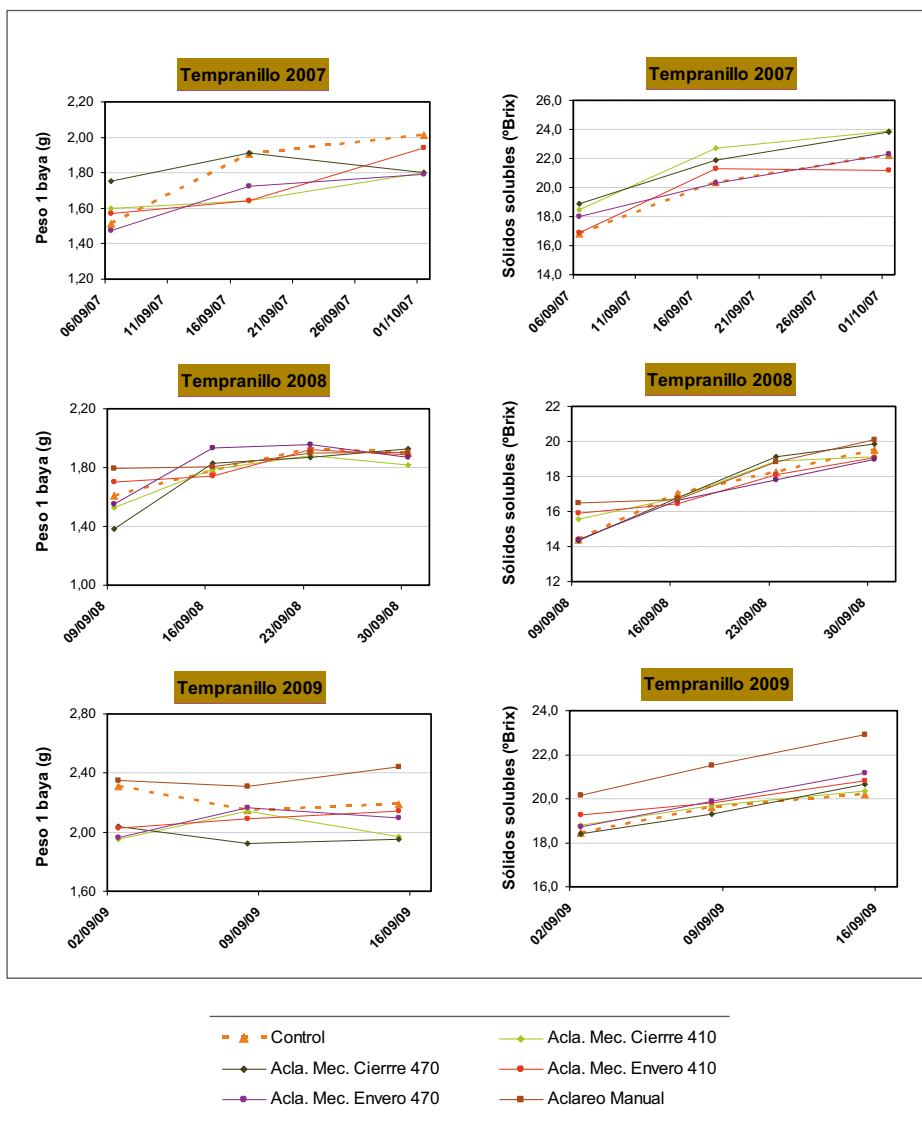


Figura 4.14. Evolución del peso de la baya y de la concentración de los sólidos solubles (azúcares) durante la maduración de la uva de la variedad Tempranillo en los años 2007, 2008 y 2009, Ollauri (La Rioja).

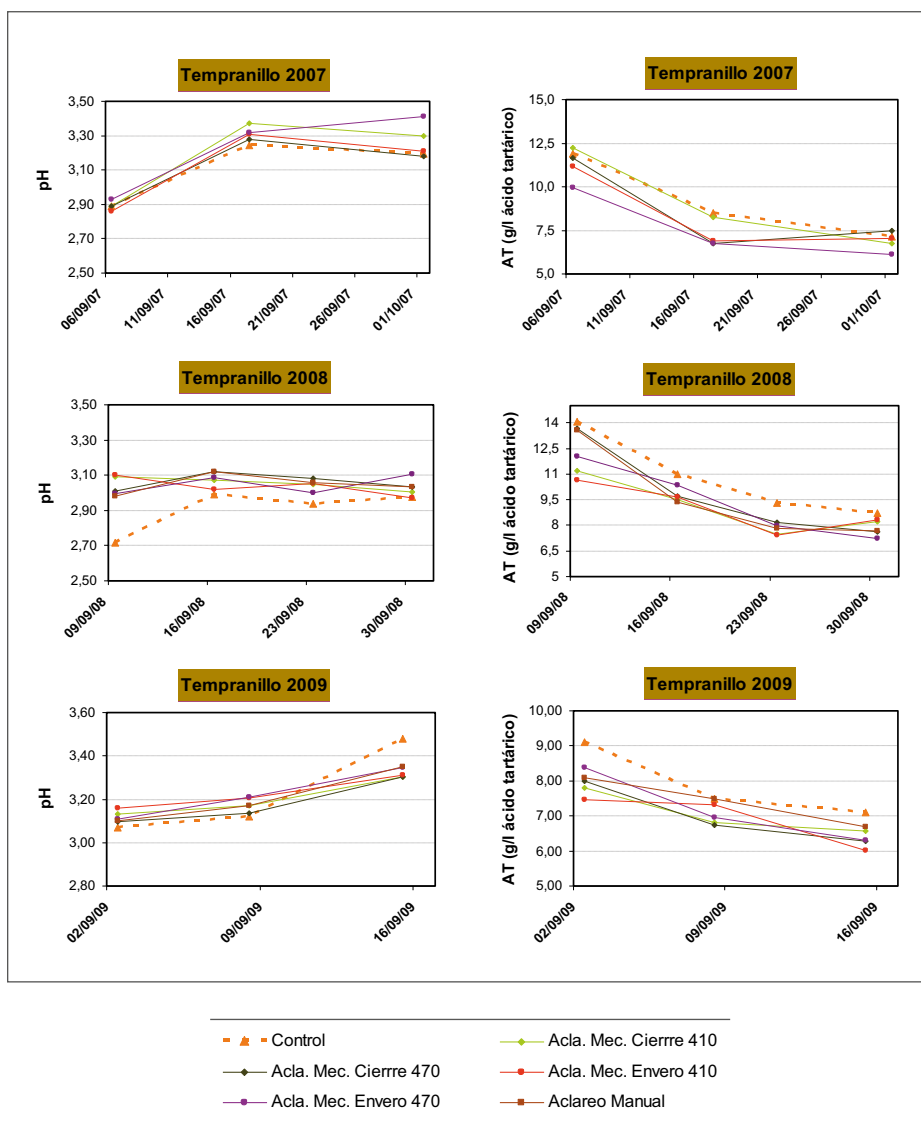


Figura 4.15. Evolución de los principales parámetros de acidez: pH y acidez total (AT), durante la maduración de la uva de la variedad Tempranillo en los años 2007, 2008 y 2009, Ollauri (La Rioja).

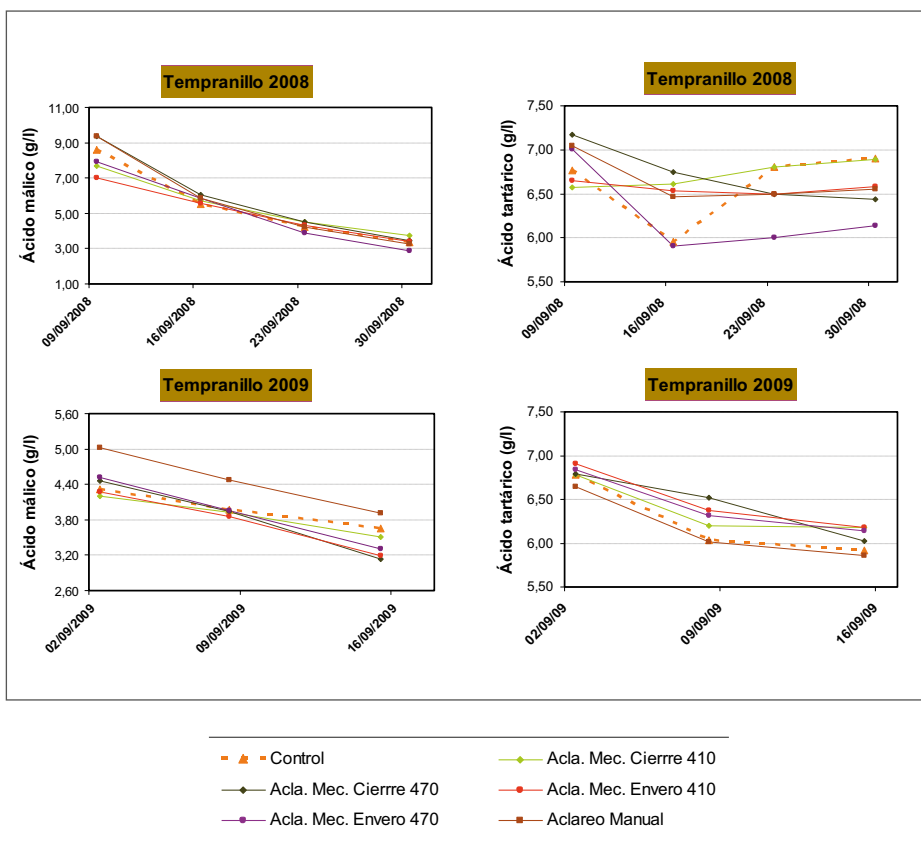


Figura 4.16. Evolución del ácido málico y del ácido tartárico, durante la maduración de la uva de la variedad Tempranillo en los años, 2008 y 2009, Ollauri (La Rioja).

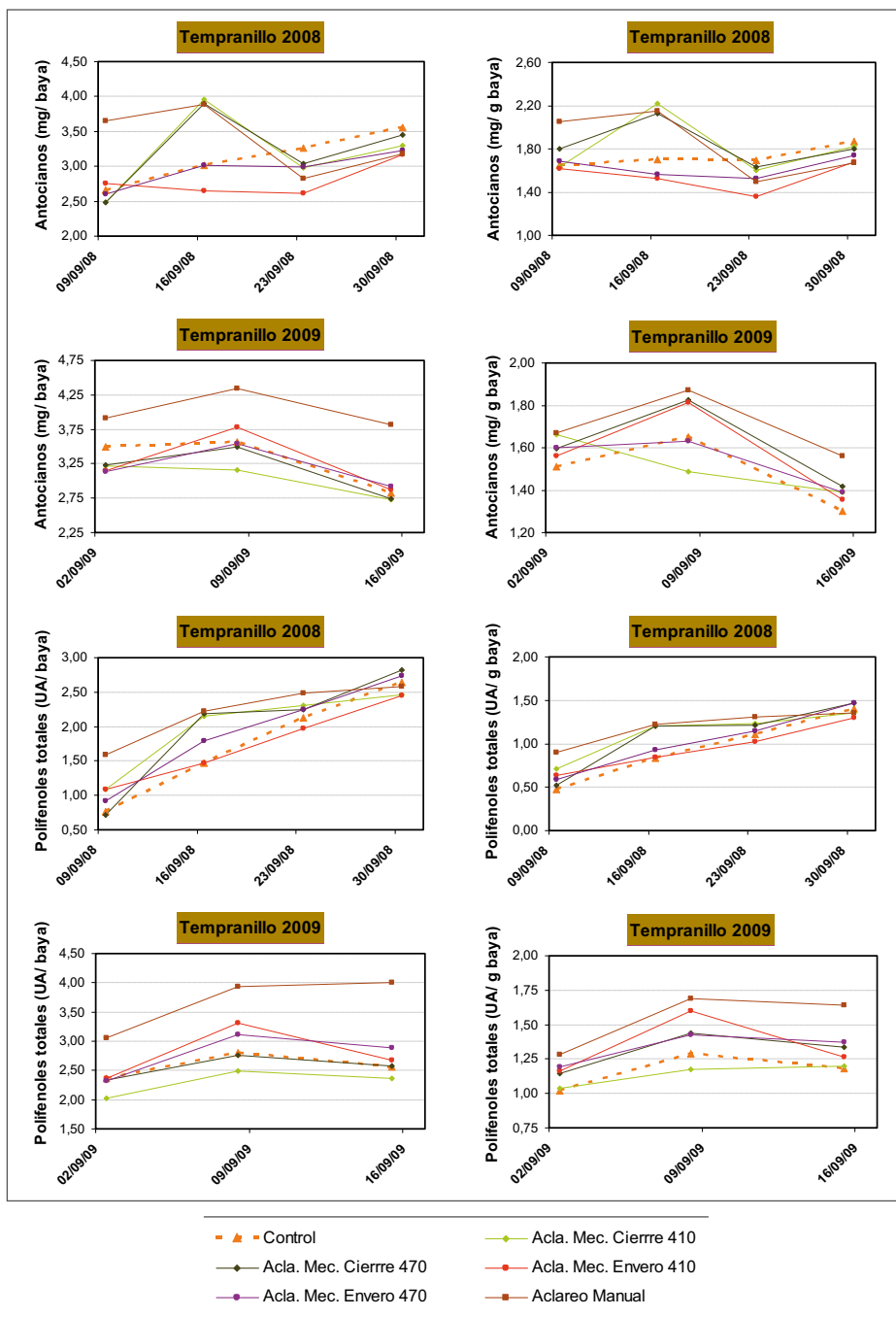


Figura 4.17. Evolución del contenido (mg/baya) y concentración (mg/g baya) de antocianos y polifenoles totales (expresados en unidades de absorbancia, UA) durante la maduración de la uva de la variedad Tempranillo en los años 2008 y 2009, Ollauri (La Rioja).

B. GARNACHA

El seguimiento de la evolución del peso de la baya y de la madurez fenólica sólo se realizó durante el año 2008 en la variedad Garnacha. En el año 2009 no se llevó a cabo debido a los problemas de pasificación y quemaduras en los racimos provocadas por las altas temperaturas.

La evolución de la concentración de sólidos solubles (azúcares) en los años 2008 y 2009 y del peso de la baya en el año 2008 se desarrolló de manera similar entre los tratamientos de aclareo mecánico y el control, durante la maduración (Figuras 4.18 y 4.19). En el año 2009, los valores finales del contenido de azúcares fueron ligeramente superiores en el control.

Los parámetros de acidez siguieron una evolución similar en los tratamientos de aclareo mecánico y el control (Figuras 4.18 y 4.19). La acidez de la baya disminuyó durante el periodo de maduración fundamentalmente por el descenso de las concentraciones de ácido tartárico y málico.

En el año 2008, no se observaron alteraciones importantes en la evolución del contenido y la concentración de antocianos y polifenoles entre los tratamientos de aclareo mecánico y el control (Figura 4.20).

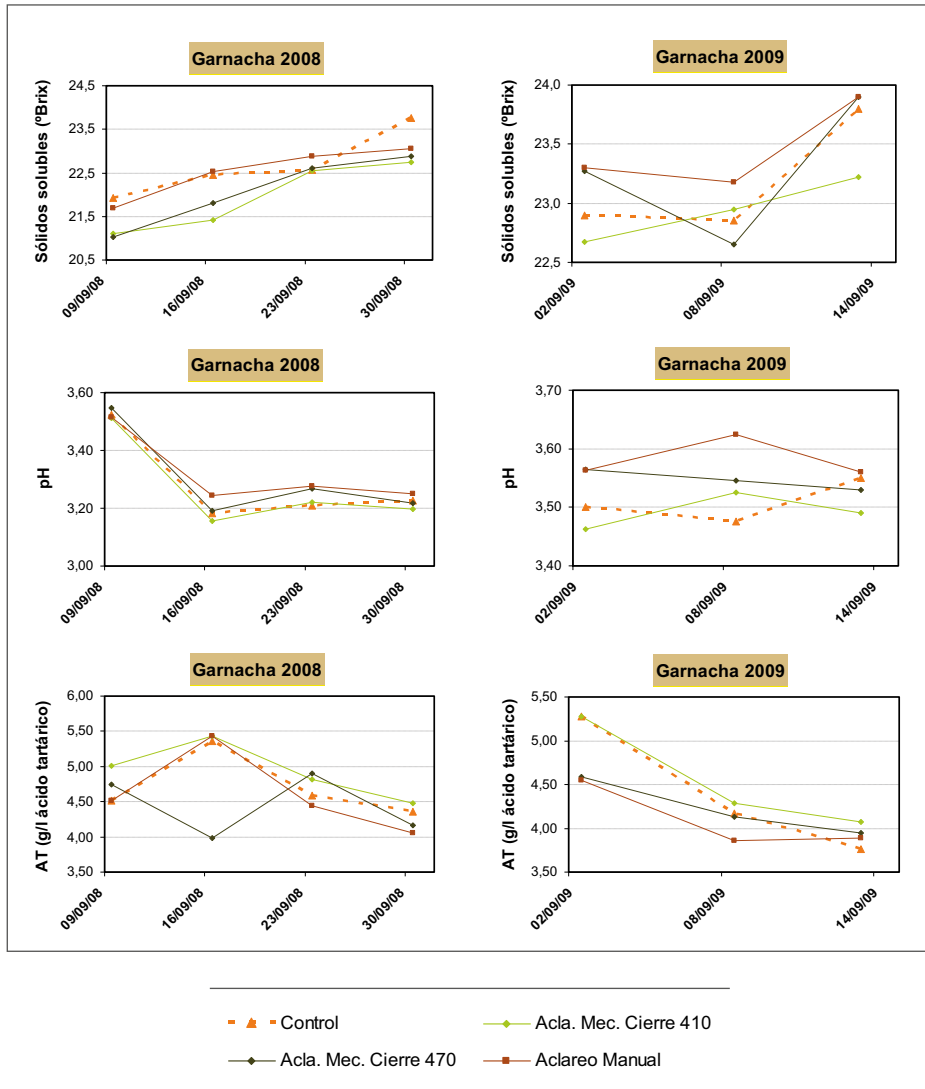


Figura 4.18. Evolución de la concentración de sólidos solubles (azúcares), del pH y de la acidez total (AT) durante la maduración de la uva de la variedad Garnacha en los años 2008 y 2009, Alfaro (La Rioja).

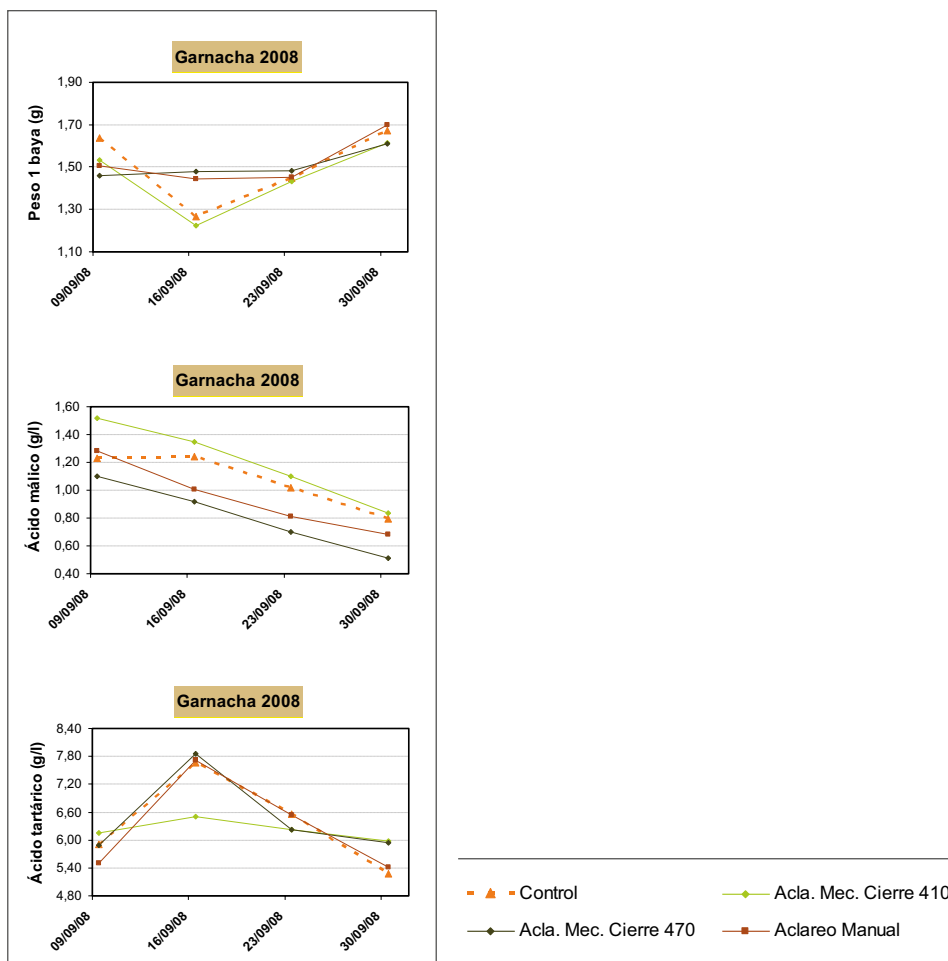


Figura 4.19. Evolución del peso de la baya, del ácido málico y del ácido tartárico durante la maduración de la uva de la variedad Garnacha en el 2008. Alfaro (La Rioja).

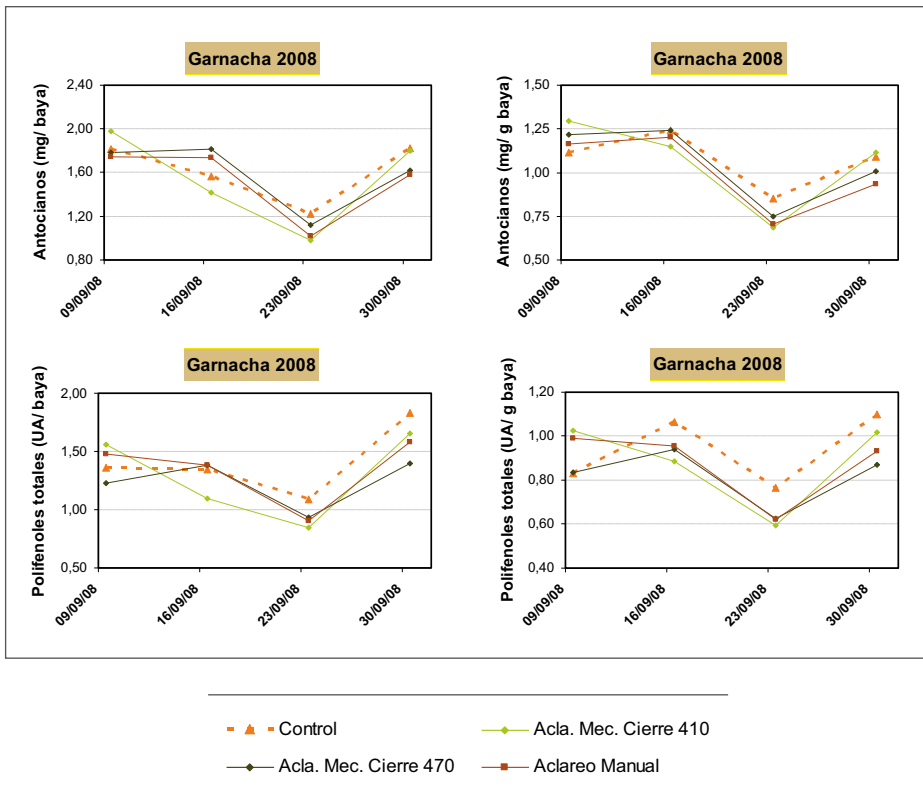


Figura 4.20. Evolución del contenido (mg/baya) y concentración (mg/g baya) de antocianos y polifenoles totales (expresados en unidades de absorbancia, UA) durante la maduración de la uva de la variedad Garnacha en el 2008, Alfaro (La Rioja).

DISCUSIÓN

Evolución de la maduración de la uva

La madurez tecnológica hace referencia al balance entre azúcares y acidez de la uva, además es uno de los factores más importantes para determinar la fecha de vendimia y para valorar la calidad de la uva (Boulton et al., 1998). Por otro lado, el contenido en antocianos y polifenoles tiene también un papel fundamental para definir la calidad de la uva.

Las experiencias de aclareo mecánico en Estados Unidos, consiguieron reducir la producción y mejorar el contenido en azúcares (Pool et al., 1993; Fendinger et al., 1996). En estas regiones observaron que la eliminación de frutos antes del envero, provocaba un avance de la maduración de la uva, en términos de concentración de azúcares (Pool et al., 1993; Fendinger et al., 1996). Petrie y Clingeleffer (2006) también observaron un adelanto de la maduración de la uva, al detectar valores más elevados de azúcares en los tratamientos de aclareo mecánico.



4.3. COMPOSICIÓN DE LA UVA EN VENDIMIA

Se decidió separar los racimos “dañados” de los “no dañados” y analizar su composición por separado porque *a priori* presentaban características distintas, como el porcentaje de bayas secas y la coloración de algunas bayas. A continuación se presentan por separado los resultados de los efectos del aclareo mecánico en la composición de la uva de ambos tipos de racimos.

4.3.1. COMPOSICIÓN DE LOS RACIMOS “NO DAÑADOS”

A. TEMPRANILLO

En la variedad Tempranillo el aclareo mecánico indujo un aumento significativo de la concentración de sólidos solubles (azúcares) en los racimos “no dañados” sólo en el año 2007, mientras en los años 2008 y 2009 no hubo diferencias significativas (Tablas 4.12, 4.13 y 4.14). Entre las distintas épocas e intensidades de aclareo mecánico no se observaron diferencias significativas en la concentración de azúcares de las uvas en los años 2007 y 2008. Sólo en el año 2009, la intensidad 440 rpm provocó un aumento de la concentración de azúcares de las bayas en comparación con la intensidad 410 rpm. El aclareo manual

indujo un incremento significativo de la concentración de azúcares de las uvas en el año 2008, respecto al aclareo mecánico al inicio envero.

La acidez total en los racimos “no dañados” de los tratamientos de aclareo mecánico disminuyó de manera significativa en los tres años de estudio (Tablas 4.12, 4.13 y 4.14). Asimismo, se observó también un aumento del pH en el año 2007 y un descenso de la concentración de ácido tartárico en el año 2008, respecto al control.

En los tres años estudiados, en ambas épocas, las uvas de cepas aclareadas mecánicamente mostraron menor acidez total que las bayas del tratamiento control (Tablas 4.12, 4.13 y 4.14). Si se comparan las dos épocas de aclareo mecánico, cuando éste se llevó a cabo a cierre de racimo se obtuvieron uvas más ácidas y con menor pH en los años 2007 y 2009 frente a las uvas correspondientes al aclareo al inicio de envero. No se observaron diferencias significativas en los parámetros de acidez de las uvas entre las diferentes intensidades de aclareo mecánico, en los años 2007 y 2008. Sin embargo en el año 2009, el aclareo mecánico a 470 rpm incrementó el pH de las bayas respecto al aclareo mecánico a 440 rpm. El aclareo manual indujo uvas con mayor acidez total y mayor concentración



de ácido málico en los años 2008 y 2009, respecto aclareo mecánico al inicio del envero. Además, el aclareo manual causó un incremento significativo en la concentración de ácido tartárico en el año 2008 y un descenso significativo del pH en el año 2009.

En las bayas de Tempranillo de racimos "no dañados", el aclareo mecánico indujo un incremento significativo del contenido (mg/baya) de antocianos y polifenoles en los años 2007 y 2009 (Tablas 4.12 y 4.14), y en las concentraciones (mg/g baya) de antocianos y polifenoles en el año 2007. Además en este año, el aclareo mecánico al inicio de envero provocó un aumento de antocianos y polifenoles en las bayas respecto de las correspondientes al aclareo a cierre del racimo. No se observaron diferencias significativas entre las intensidades de aclareo mecánico en los parámetros de antocianos y polifenoles, en los años 2007 y 2009. Sin embargo, la intensidad 440 rpm aumentó la concentración de antocianos en comparación con 410 rpm, en el año 2008. En el año 2009, el aclareo mecánico al inicio de envero indujo un aumento significativo de las concentraciones de antocianos y polifenoles, y del contenido en polifenoles respecto al aclareo manual (Tabla 4.14). Sin embargo, en el año 2008 se observó un aumento de la concentración de polifenoles a favor del aclareo manual (Tabla 4.13).

Tabla 4.12. Influencia del aclareo mecánico en la composición química de racimos de Tempranillo “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas) en el año 2007, Ollauri (La Rioja). Valores promedio $\pm$ errores estándar (entre paréntesis) y análisis de varianza.

Tratamiento	Sólidos solubles (°Brix)	pH	Acidez Total (g/l Ac. Tart.)	Ac. Málico (g/l)	Ac. Tartárico (g/l)	Antocianos (mg/baya)	Antocianos (mg/g baya)	Fenoles (UA/baya)	Fenoles (UA/g baya)
Control	21,8 (0,85)	3,48 (0,05)	6,40 (0,33)	3,80 (0,09)	5,56 (0,26)	2,42 (0,19)	1,55 (0,13)	2,59 (0,13)	1,65 (0,07)
Aclareo mecánico cierre 410 rpm	23,9 (0,42)	3,74 (0,06)	5,08 (0,20)	3,70 (0,07)	5,52 (0,23)	3,09 (0,21)	1,71 (0,09)	3,30 (0,14)	1,84 (0,05)
Aclareo mecánico cierre 470 rpm	24,3 (0,19)	3,68 (0,05)	5,49 (0,21)	3,85 (0,09)	5,52 (0,25)	3,59 (0,21)	1,83 (0,10)	3,75 (0,12)	1,86 (0,04)
Aclareo mecánico envero 410 rpm	23,8 (0,74)	3,90 (0,04)	4,25 (0,25)	4,03 (0,07)	4,65 (0,12)	3,98 (0,17)	2,15 (0,08)	3,68 (0,12)	1,99 (0,05)
Aclareo mecánico envero 470 rpm	23,5 (0,06)	3,85 (0,09)	4,83 (0,31)	3,85 (0,11)	5,18 (0,25)	3,78 (0,20)	2,17 (0,10)	3,45 (0,12)	1,99 (0,06)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes									
Control vs Aclareo mecánico (todos ttos)	0,006	<0,001	<0,001	0,569	0,205	<0,001	0,001	<0,001	0,001
Control vs Aclareo cierre	0,005	0,001	0,001	0,795	0,901	0,001	0,074	<0,001	0,004
Control vs Aclareo envero	0,026	<0,001	<0,001	0,214	0,044	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Aclareo cierre vs Aclareo envero	0,575	0,007	0,008	0,082	0,028	0,013	0,001	0,518	0,021
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 470 rpm	0,955	0,387	0,074	0,321	0,850	0,470	0,509	0,656	0,848
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad									
Tratamiento	0,076	0,001	<0,001	0,156	0,154	<0,001	0,001	<0,001	0,001



Tabla 4.13. Influencia del aclareo mecánico en la composición química de racimos de Tempranillo “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas) en el año 2008, Ollauri (La Rioja). Valores promedio $\pm$ errores estándar (entre paréntesis) y análisis de varianza.

Tratamiento	Sólidos solubles (%Brix)	pH	Acidez Total (g/l Ac. Tart.)	Ac. Málico (g/l)	Ac. 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)	2,33 (0,12)	1,21 (0,07)	2,82 (0,11)	1,44 (0,06)
Aclareo mecánico cierre 410 rpm	21,0 (0,54)	3,54 (0,03)	5,33 (0,24)	3,35 (0,06)	5,14 (0,24)	2,24 (0,14)	1,27 (0,07)	2,60 (0,16)	1,47 (0,08)
Aclareo mecánico cierre 440 rpm	21,6 (0,56)	3,58 (0,03)	5,22 (0,12)	3,20 (0,13)	5,27 (0,14)	2,43 (0,14)	1,37 (0,07)	2,80 (0,16)	1,58 (0,08)
Aclareo mecánico cierre 470 rpm	20,9 (0,63)	3,57 (0,04)	5,30 (0,14)	3,27 (0,06)	5,29 (0,23)	2,67 (0,20)	1,44 (0,09)	3,16 (0,19)	1,71 (0,08)
Aclareo mecánico envero 410 rpm	21,5 (0,61)	3,58 (0,02)	5,25 (0,23)	3,33 (0,07)	5,29 (0,37)	2,20 (0,22)	1,20 (0,12)	2,59 (0,22)	1,41 (0,12)
Aclareo mecánico envero 440 rpm	20,3 (0,29)	3,27 (0,02)	5,13 (0,11)	3,19 (0,14)	5,03 (0,18)	2,59 (0,17)	1,50 (0,08)	2,85 (0,16)	1,67 (0,08)
Aclareo mecánico envero 470 rpm	22,1 (0,62)	3,54 (0,03)	5,18 (0,24)	2,62 (0,18)	5,42 (0,29)	2,27 (0,10)	1,32 (0,06)	2,63 (0,09)	1,53 (0,05)
Aclareo manual	26,0 (0,51)	3,57 (0,03)	5,56 (0,17)	2,73 (0,08)	5,84 (0,18)	2,38 (0,21)	1,53 (0,09)	3,09 (0,12)	1,95 (0,05)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes									
Control vs Aclareo mecánico (todos ttos)	0,892	0,063	<0,001	0,546	0,001	0,709	0,099	0,785	0,156
Control vs Aclareo cierre	0,956	0,079	0,001	0,091	0,001	0,545	0,099	0,842	0,104
Control vs Aclareo envero	0,837	0,082	<0,001	0,570	0,002	0,925	0,152	0,479	0,307
Aclareo cierre vs Aclareo envero	0,786	0,979	0,469	0,121	0,283	0,477	0,776	0,207	0,398
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 440 rpm	0,607	0,470	0,165	0,204	0,589	0,079	0,013	0,133	0,062
Aclareo 440 rpm vs Aclareo 470 rpm	0,299	0,466	0,201	0,321	0,213	0,816	0,494	0,654	0,969
Aclareo manual vs Aclareo mec. envero	<0,001	0,729	0,012	0,061	0,012	0,903	0,076	0,053	0,001
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad									
Tratamiento	<0,001	0,516	<0,001	0,095	<0,001	0,387	0,025	0,085	0,001

Tabla 4.14. Influencia del aclareo mecánico en la composición química de racimos de Tempranillo “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas) en el año 2009, Ollauri (La Rioja). Valores promedio $\pm$ errores estándar (entre paréntesis) y análisis de varianza.

Tratamiento	Sólidos solubles (°Brix)	pH	Acidez Total (g/l Ac. Tart.)	Ac. Málico (g/l)	Ac. Tartárico (g/l)	Antocianos (mg/g baya)	Antocianos (mg/g baya)	Fenoles (UA/baya)	Fenoles (UA/g baya)
Control	22,9 (0,65)	3,65 (0,05)	5,09 (0,25)	2,76 (0,08)	4,21 (0,18)	2,34 (0,16)	1,31 (0,07)	2,72 (0,14)	1,55 (0,06)
Aclareo mecánico cierre 410 rpm	21,9 (0,52)	3,69 (0,04)	4,26 (0,18)	2,31 (0,06)	4,44 (0,20)	2,69 (0,12)	1,37 (0,06)	3,05 (0,08)	1,55 (0,05)
Aclareo mecánico cierre 440 rpm	23,3 (0,48)	3,56 (0,03)	4,26 (0,08)	2,85 (0,04)	3,94 (0,09)	3,02 (0,11)	1,42 (0,05)	3,20 (0,09)	1,50 (0,03)
Aclareo mecánico cierre 470 rpm	23,9 (0,41)	3,72 (0,03)	3,86 (0,13)	2,18 (0,06)	4,16 (0,10)	2,79 (0,13)	1,44 (0,08)	3,08 (0,10)	1,58 (0,06)
Aclareo mecánico envero 410 rpm	21,5 (0,52)	3,74 (0,03)	3,62 (0,09)	2,00 (0,08)	4,36 (0,12)	3,01 (0,13)	1,45 (0,06)	3,20 (0,10)	1,54 (0,04)
Aclareo mecánico envero 440 rpm	24,4 (0,49)	3,68 (0,03)	3,73 (0,08)	2,53 (0,07)	4,26 (0,09)	2,31 (0,11)	1,35 (0,04)	2,40 (0,09)	1,51 (0,03)
Aclareo mecánico envero 470 rpm	22,9 (0,42)	3,86 (0,04)	3,73 (0,12)	2,38 (0,05)	4,66 (0,10)	3,36 (0,10)	1,61 (0,06)	3,01 (0,09)	1,67 (0,04)
Aclareo manual	23,8 (0,75)	3,63 (0,05)	4,76 (0,37)	3,09 (0,10)	4,40 (0,25)	3,16 (0,29)	1,73 (0,11)	3,46 (0,22)	1,95 (0,08)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes									
Control vs Aclareo mecánico (todos ttos)	0,877	0,169	<0,001	0,065	0,625	0,002	0,173	0,007	0,494
Control vs Aclareo cierre	0,812	0,897	<0,001	0,147	0,553	0,006	0,200	0,006	0,951
Control vs Aclareo envero	0,959	0,016	<0,001	0,453	0,750	0,002	0,206	0,025	0,228
Aclareo cierre vs Aclareo envero	0,798	0,002	0,008	0,087	0,709	0,616	0,999	0,479	0,111
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 440 rpm	0,001	0,316	0,789	0,159	0,129	0,242	0,098	0,089	0,214
Aclareo 440 rpm vs Aclareo 470 rpm	0,433	<0,001	0,326	0,486	0,209	0,068	0,120	0,256	0,183
Aclareo manual vs Aclareo mec. envero	0,168	0,004	<0,001	<0,001	0,178	0,157	0,001	0,003	<0,001
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad									
Tratamiento	0,002	<0,001	<0,001	0,124	0,268	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001



B. GARNACHA

El aclareo mecánico no provocó diferencias significativas en la concentración de sólidos solubles (azúcares) en las bayas de racimos “no dañados” de Garnacha, en el año 2008 (Tabla 4.15). En el año 2009, el aclareo mecánico tampoco indujo diferencias significativas en la concentración de azúcares de todos los racimos (no dañados y dañados), respecto al control (Tabla 4.16). No se observaron diferencias significativas entre las intensidades de aclareo. El aclareo manual aumentó la concentración de azúcares respecto al aclareo mecánico, en el año 2008.

El aclareo mecánico no modificó significativamente los parámetros de acidez de racimos “no dañados”, en el año 2008 (Tabla 4.15). En el año 2009, el aclareo mecánico incrementó la concentración de ácido tartárico en las bayas de todos los racimos, frente al control (Tabla 4.16). En los datos de acidez no se observaron diferencias debidas a la intensidad del aclareo mecánico. El aclareo manual indujo un descenso de la acidez total de la uva respecto al aclareo mecánico, en el año 2009.

El aclareo mecánico tuvo escaso impacto en el contenido de antocianos y polifenoles de los racimos “no dañados” de Garnacha, en el año 2008 (Tabla 4.15). Sin embargo, la concentración de polifenoles aumentó de manera significativa. En el año 2009,

el aclareo mecánico no provocó diferencias significativas en los parámetros de antocianos y polifenoles de todos los racimos, frente al control (Tabla 4.16). En general, las distintas intensidades de aclareo mecánico tampoco provocaron diferencias significativas.



Tabla 4.15. Influencia del aclareo mecánico en la composición química de racimos de Gamacha “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas) en el año 2008, Alfaro (La Rioja). Valores promedio $\pm$ errores estándar (entre paréntesis) y análisis de varianza.

Tratamiento	Sólidos solubles (°Brix)	pH	Acidez Total (g/l Ac. Tart.)	Ac. Málico (g/l)	Ac. Tartárico (g/l)	Antocianos (mg/baya)	Antocianos (mg/g baya)	Fenoles (UA/baya)	Fenoles (UA/g baya)
Control	23,7 (0,32)	4,00 (0,03)	2,42 (0,05)	1,41 (0,07)	3,94 (0,15)	1,30 (0,08)	0,82 (0,05)	1,52 (0,05)	0,96 (0,03)
Aclareo mecánico cierre 410 rpm	23,2 (0,42)	3,90 (0,05)	2,58 (0,11)	1,33 (0,11)	4,10 (0,15)	1,26 (0,06)	0,82 (0,04)	1,63 (0,05)	1,06 (0,03)
Aclareo mecánico cierre 470 rpm	23,1 (0,23)	3,87 (0,06)	2,44 (0,09)	1,29 (0,10)	3,79 (0,07)	1,35 (0,07)	0,90 (0,04)	1,62 (0,07)	1,07 (0,03)
Aclareo manual	24,1 (0,53)	3,88 (0,05)	2,35 (0,08)	1,44 (0,09)	3,69 (0,17)	1,35 (0,07)	0,87 (0,05)	1,59 (0,07)	1,03 (0,05)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes									
Control vs Aclareo cierre	0,271	0,067	0,352	0,400	0,978	0,967	0,463	0,168	0,025
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 470 rpm	0,429	0,653	0,262	0,749	0,155	0,401	0,288	0,917	0,916
Aclareo manual vs Aclareo cierre	0,005	0,905	0,114	0,236	0,143	0,618	0,793	0,686	0,467
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad									
Tratamiento	0,172	0,190	0,302	0,622	0,230	0,803	0,552	0,584	0,162

Tabla 4.16. Influencia del aclareo mecánico en la composición química de racimos de Gamacha "no dañados" (menos del 5% de bayas dañadas) y "dañados" (entre el 5% y 90% de bayas dañadas) en el año 2009, Alfaro (La Rioja). Valores promedio $\pm$ errores estándar (entre paréntesis) y análisis de varianza.

Tratamiento	Sólidos solubles (°Brix)	pH	Acidez Total (g/l Ac. Tart.)	Ac. Málico (g/l)	Ac. Tartárico (g/l)	Antocianos (mg/baya)	Antocianos (mg/g baya)	Fenoles (UA/baya)	Fenoles (UA/g baya)
Control	23,9 (0,28)	3,98 (0,02)	2,95 (0,07)	1,64 (0,10)	3,69 (0,04)	1,35 (0,11)	0,75 (0,06)	1,55 (0,11)	0,86 (0,06)
Aclareo mecánico cierre 410 rpm	23,2 (0,36)	3,86 (0,12)	3,08 (0,19)	1,74 (0,25)	3,97 (0,06)	1,24 (0,16)	0,69 (0,09)	1,39 (0,12)	0,77 (0,06)
Aclareo mecánico cierre 470 rpm	23,7 (0,29)	3,97 (0,03)	2,73 (0,18)	1,66 (0,09)	3,98 (0,12)	1,30 (0,05)	0,57 (0,03)	1,40 (0,08)	0,80 (0,04)
Aclareo manual	23,9 (0,30)	4,03 (0,05)	2,36 (0,15)	1,60 (0,07)	3,91 (0,07)	1,28 (0,14)	0,70 (0,089)	1,28 (0,10)	0,70 (0,05)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes									
Control vs Aclareo cierre	0,219	0,421	0,987	0,161	0,003	0,211	0,141	0,201	0,265
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 470 rpm	0,204	0,263	0,144	0,128	0,997	0,150	0,204	0,975	0,703
Aclareo manual vs Aclareo cierre	0,216	0,175	0,002	0,120	0,517	0,286	0,413	0,366	0,200
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad									
Tratamiento	0,262	0,354	0,053	0,141	0,289	0,178	0,273	0,306	0,218



4.3.2. COMPOSICIÓN DE LOS RACIMOS "DAÑADOS"

En principio, es conveniente señalar que los racimos "dañados" se han comparado frente a los racimos "no dañados" del tratamiento control.

A. TEMPRANILLO

Los racimos "dañados" de Tempranillo en los tratamientos de aclareo mecánico a cierre de racimo presentaron un incremento significativo en la concentración de sólidos solubles (azúcares) respecto a las bayas del control (racimos "no dañados") (Tabla 4.17). Entre las intensidades de aclareo mecánico no se observaron diferencias significativas en la concentración de azúcares de los racimos "dañados", en los dos años de estudio (Tablas 4.17 y 4.18).

La acidez total de los racimos "dañados" mostró un descenso significativo en los dos años analizados (Tablas 4.17 y 4.18). Además de un incremento de pH en el año 2007 y una disminución de la concentración de ácido tartárico en el año 2008. En el año 2007 los racimos "dañados" de los tratamientos de aclareo mecánico al inicio de enero presentaron un incremento significativo del pH y una menor acidez total que los tratamientos a cierre de racimo. No se observaron diferencias significativas en los parámetros de acidez de los racimos "dañados" entre las intensidades de aclareo mecánico, en los años 2007 y 2008.

Aumentó de manera significativa el contenido de antocianos y polifenoles en Tempranillo, en los dos años de estudio debido al aclareo mecánico (Tablas 4.17 y 4.18). Además, incrementó también de manera significativa la concentración de antocianos y polifenoles en el año 2007. Para este año, los aumentos de antocianos y polifenoles fueron significativos en las dos épocas de aclareo. Sin embargo, para en el año 2008 sólo fue significativo el incremento de la concentración de antocianos y polifenoles para los tratamientos de aclareo mecánico realizados al inicio del envero. En general, las distintas intensidades de aclareo mecánico no provocaron diferencias en el contenido y en la concentración de antocianos y polifenoles de los racimos "dañados" en los dos años estudiados.



Tabla 4.17. Influencia del aclareo mecánico en la composición química de racimos de Tempranillo “dañados” (entre el 5% y 90% de bayas dañadas), comparados con el control, en el año 2007, Ollauri (La Rioja). Valores promedio $\pm$ errores estándar (entre paréntesis) y análisis de varianza.

Tratamiento	Sólidos solubles (°Brix)	pH	Acidez Total (g/l Ac. Tart.)	Ac. Málico (g/l)	Ac. Tartárico (g/l)	Antocianos (mg/baya)	Antocianos (mg/g baya)	Fenoles (UA/baya)	Fenoles (UA/g baya)
Control ^(a)	21,8 (0,85)	3,48 (0,05)	6,40 (0,33)	3,80 (0,09)	5,56 (0,26)	2,42 (0,19)	1,55 (0,13)	2,59 (0,13)	1,65 (0,07)
Aclareo mecánico cierre 410 rpm	23,6 (0,35)	3,67 (0,03)	5,34 (0,15)	3,88 (0,08)	5,32 (0,21)	3,05 (0,19)	1,97 (0,11)	3,22 (0,13)	2,08 (0,07)
Aclareo mecánico cierre 470 rpm	23,9 (0,26)	3,62 (0,02)	5,57 (0,19)	3,99 (0,07)	5,37 (0,23)	3,42 (0,18)	2,02 (0,10)	3,43 (0,11)	2,02 (0,05)
Aclareo mecánico envero 410 rpm	22,2 (0,49)	3,82 (0,04)	4,66 (0,20)	3,96 (0,06)	5,04 (0,23)	3,20 (0,17)	1,95 (0,11)	3,29 (0,10)	2,00 (0,06)
Aclareo mecánico envero 470 rpm	22,5 (0,92)	3,80 (0,07)	4,93 (0,28)	4,02 (0,13)	5,19 (0,14)	3,24 (0,30)	2,00 (0,16)	3,16 (0,17)	1,96 (0,06)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes									
Control vs Aclareo mecánico (todos tts)	0,080	<0,001	<0,001	0,113	0,194	0,001	0,003	<0,001	<0,001
Control vs Aclareo cierre	0,014	0,003	0,002	0,227	0,435	0,003	0,005	<0,001	<0,001
Control vs Aclareo envero	0,479	<0,001	<0,001	0,091	0,120	0,004	0,007	<0,001	<0,001
Aclareo cierre vs Aclareo envero	0,028	<0,001	0,007	0,532	0,317	0,961	0,893	0,480	0,303
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 440 rpm	0,632	0,391	0,304	0,330	0,670	0,337	0,682	0,774	0,432
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad									
Tratamiento	0,089	<0,001	<0,001	0,408	0,611	0,019	0,052	<0,001	<0,001

^(a) Datos correspondientes a los racimos “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas)

Tabla 4.18. Influencia del aclareo mecánico en la composición química de racimos de Tempranillo "dañados" (entre el 5% y 90% de bayas dañadas), comparados con el control, en el año 2008, Ollauri (La Rioja). Valores promedio ± errores estándar (entre paréntesis) y análisis de varianza.

Tratamiento	Sólidos solubles (°Brix)	pH	Acidez Total (g/l Ac. Tart.)	Ac. Málico (g/l)	Ac. Tartárico (g/l)	Antocianos (mg/baya)	Antocianos (mg/g baya)	Fenoles (UA/baya)	Fenoles (UA/g baya)
Control ^(a)	21,1 (0,72)	3,50 (0,03)	6,06 (0,24)	3,05 (0,12)	6,01 (0,27)	2,33 (0,12)	1,21 (0,07)	2,82 (0,11)	1,44 (0,06)
Aclareo mecánico cierre 410 rpm	21,4 (0,60)	3,56 (0,04)	5,08 (0,29)	3,14 (0,08)	4,86 (0,31)	2,26 (0,18)	1,36 (0,12)	2,65 (0,17)	1,59 (0,11)
Aclareo mecánico cierre 440 rpm	21,6 (0,48)	3,60 (0,02)	4,88 (0,11)	3,37 (0,20)	4,30 (0,31)	2,45 (0,20)	1,48 (0,10)	2,68 (0,20)	1,26 (0,10)
Aclareo mecánico cierre 470 rpm	21,1 (0,63)	3,55 (0,04)	5,08 (0,17)	3,23 (0,08)	4,73 (0,20)	2,26 (0,29)	1,36 (0,12)	2,60 (0,20)	1,56 (0,12)
Aclareo mecánico envero 410 rpm	23,1 (0,63)	3,60 (0,04)	5,27 (0,23)	3,15 (0,16)	4,90 (0,21)	2,49 (0,23)	1,46 (0,13)	3,01 (0,21)	1,77 (0,11)
Aclareo mecánico envero 440 rpm	21,9 (0,29)	3,59 (0,04)	5,05 (0,16)	3,00 (0,20)	4,54 (0,26)	2,40 (0,30)	1,85 (0,12)	2,81 (0,24)	1,71 (0,10)
Aclareo mecánico envero 470 rpm	21,1 (0,66)	3,50 (0,03)	4,82 (0,17)	2,67 (0,17)	5,02 (0,30)	1,91 (0,11)	1,24 (0,08)	2,30 (0,10)	1,49 (0,06)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes									
Control vs Aclareo mecánico (todos tts)	0,504	0,077	<0,001	0,736	<0,001	0,811	0,034	0,388	0,045
Control vs Aclareo cierre	0,742	0,087	<0,001	0,191	<0,001	0,945	0,070	0,327	0,143
Control vs Aclareo envero	0,351	0,120	<0,001	0,497	<0,001	0,716	0,041	0,552	0,035
Aclareo cierre vs Aclareo envero	0,341	0,862	0,845	0,013	0,420	0,716	0,742	0,652	0,407
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 440 rpm	0,256	0,638	0,536	0,795	0,128	0,800	0,293	0,655	0,889
Aclareo 440 rpm vs Aclareo 470 rpm	0,529	0,052	0,254	0,119	0,108	0,067	0,132	0,095	0,158
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad									
Tratamiento	0,271	0,197	<0,001	0,026	<0,001	0,302	0,137	0,110	0,194

^(a) Datos correspondientes a los racimos "no dañados" (menos del 5% de bayas dañadas)



B. GARNACHA

Los racimos “dañados” del aclareo mecánico no sufrieron ninguna alteración significativa ni en la concentración de azúcares, ni en los parámetros de acidez estudiados, en el año 2008 (Tabla 4.19). Entre las intensidades de aclareo tampoco se observaron diferencias en la concentración de azúcares y en los parámetros de acidez.

En el año 2008, el contenido y la concentración de polifenoles aumentaron de manera significativa en los racimos “dañados” de Garnacha (Tabla 4.19). En ese año, el aclareo mecánico a intensidad de 410 rpm indujo un contenido de antocianos y polifenoles más elevado que la intensidad de 470 rpm.

Tabla 4.19. Influencia del aclareo mecánico en la composición química de racimos de Garnacha “dañados” (entre el 5% y 90% de bayas dañadas), comparados con el control, en el año 2008, Alfaro (La Rioja). Valores promedio ± errores estándar (entre paréntesis) y análisis de varianza.

Tratamiento	Sólidos solubles (°Brix)	pH	Acidez Total (g/l Ac. Tart.)	Ac. Máfico (g/l)	Ac. Tartárico (g/l)	Antocianos (mg/baya)	Antocianos (mg/g baya)	Fenoles (UA/baya)	Fenoles (UA/g baya)
Control ^(a)	23,7 (0,32)	4,00 (0,03)	2,42 (0,05)	1,41 (0,07)	3,94 (0,15)	1,30 (0,08)	0,82 (0,05)	1,52 (0,05)	0,96 (0,03)
Aclareo mecánico cierre 410 rpm	23,3 (0,37)	4,00 (0,04)	2,44 (0,10)	1,36 (0,11)	3,99 (0,12)	1,54 (0,07)	0,98 (0,06)	1,88 (0,07)	1,18 (0,04)
Aclareo mecánico cierre 470 rpm	23,1 (0,24)	3,87 (0,07)	2,40 (0,07)	1,15 (0,10)	3,85 (0,11)	1,25 (0,05)	0,87 (0,04)	1,58 (0,06)	1,09 (0,03)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes									
Control vs Aclareo cierre	0,216	0,281	0,961	0,171	0,925	0,265	0,071	0,002	<0,001
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 470 rpm	0,718	0,065	0,728	0,121	0,468	0,006	0,108	<0,001	0,099
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad									
Tratamiento	0,418	0,088	0,941	0,785	0,102	0,016	0,069	<0,001	<0,001

^(a) Datos correspondientes a los racimos “no dañados”(menos del 5% de bayas dañadas)



4.3.3. CORRELACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN DE LA UVA Y LA RELACIÓN HOJA-FRUTO (SFT/P)

Con el fin de explicar los efectos del aclareo mecánico sobre la composición de la uva en la variedad Tempranillo, se han estudiado las relaciones que existen entre las concentraciones de sólidos solubles (azúcares) y antocianos con la relación hoja-fruto (Figuras 4.21 y 4.22) Se ha observado que existía una relación positiva y significativa ($r = 0,72^{***}$), de tipo parabólico con meseta, entre la concentración de azúcares en la baya y la relación SFT/P. También, la concentración de antocianos en la uva estaba relacionado significativamente con la relación hoja-fruto ($r = 0,83^{***}$).

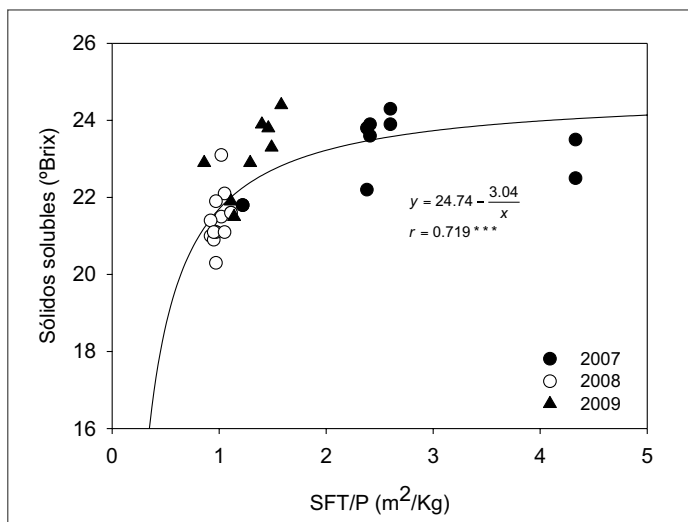


Figura 4.21. Relación entre la concentración de sólidos solubles (azúcares) en las bayas Tempranillo y la ratio SFT/P (m²/kg) en los años 2007, 2008 y 2009, Ollauri (La Rioja).

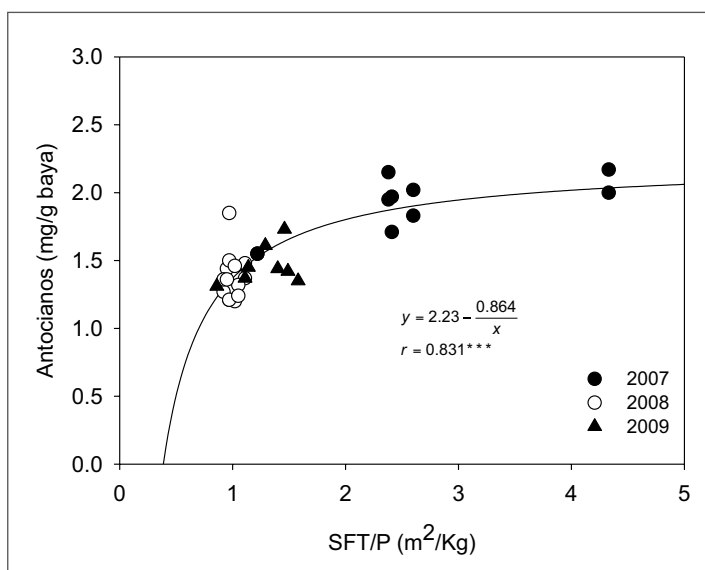


Figura 4.22. Relación entre la concentración de antocianos (mg/g baya) en las bayas Tempranillo y la ratio SFT/P (m²/kg) en los años 2007, 2008 y 2009, Ollauri (La Rioja).

DISCUSIÓN

Composición de la uva

El aclareo mecánico no alteró esencialmente la concentración de sólidos solubles (azúcares) en la uva, a pesar de la notable reducción de la producción de uva y del mantenimiento o aumento de la ratio hoja/fruto. Estos resultados podrían ser muy positivos, ya que no se suman al impacto del cambio climático (adelanto de la maduración y aumento del grado alcohólico probable). Es decir que el aclareo mecánico ha reducido el rendimiento productivo del viñedo, pero no ha provocado un aumento de contenido en azúcares y del grado



alcohólico de los vinos (ver apartado 4.4.1). En otros estudios, la reducción de la producción de uva ha sido asociada al incremento en la concentración de azúcares en la baya (Petrie y Clingeleffer, 2006; Tardáguila et al., 2008). Tal incremento puede producirse por dos mecanismos distintos: 1) el aumento de la velocidad de acumulación de azúcares, o 2) el adelanto de la maduración. En otros estudios también se ha observado que variaciones en el rendimiento de uva pueden tener poca repercusión en la composición de la uva (Ough y Nagaoka, 1984; Bravdo et al., 1985, Keller et al., 2005) y que los efectos pueden depender más de cómo y cuándo se llevó a cabo dicha variación en la producción (Chapman et al., 2004). En otros estudios de aclareo mecánico (Clingeleffer 1993; Clingeleffer et al., 2002; Petrie y Clingeleffer, 2006) se muestran concentraciones de azúcares más elevadas como consecuencia de los tratamientos de aclareo mecánico. Estos autores han postulado que el incremento de azúcares estaba más bien relacionado con un adelanto de la maduración, que con una mejora de la tasa de acumulación de azúcares en las bayas.

Los resultados de este estudio indican que la disminución de la producción de uva y el consecuente incremento de la relación hoja-fruto (SFT/P) estaban asociados con la evolución del contenido de azúcares en las bayas, solo en casos que la relación SFT/P era menor de 2 (Figura 4.21).

De hecho, en el año 2007 con cepas con valores elevados ($SFT/P > 2$) no se ha observado variación importante de los azúcares. Otros autores también han observado una estrecha relación entre el contenido de azúcares en las bayas y la relación hoja-fruto (Poni et al., 2006; Palliotti et al., 2011).

El aclareo mecánico alteró los parámetros de acidez de la uva de manera heterogénea y dependiente de la variedad y del año. En general, la acidez de la uva descendió en Tempranillo y no se modificó sustancialmente en Garnacha como consecuencia del aclareo mecánico. La concentración de ácido málico no se vio afectada por el aclareo mecánico en ambas variedades. En ensayos previos de aclareo mecánico en La Rioja (Tardáguila et al., 2008), los parámetros, como pH, acidez total, potasio, ácido málico y ácido tartárico no se vieron afectados de forma significativa por el aclareo mecánico en ninguna de las dos variedades estudiadas. Petrie y Clingeleffer (2006) mostraban valores de pH significativamente mayores para el aclareo mecánico sobre Cabernet Sauvignon en un viñedo, a la vez que ausencia de significación sobre la misma variedad en un segundo viñedo. Es necesario recordar que en el presente estudio de aclareo mecánico no se modificó la porosidad de la *canopy* ni la exposición de los racimos. Este aspecto es importante, ya que 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 y por tanto reducen la acidez (Kliewer y Smart, 1989).

La técnica de aclareo mecánico con vendimiadora provocó variaciones del color (antocianos) y de los polifenoles totales de la uva de manera heterogénea y dependiente de la variedad y del año. La importancia de los antocianos y de polifenoles en uva está ampliamente reconocida en la literatura (Iland 1987; 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 asocia con la calidad final del vino (Somers y Evans, 1974; Jackson et al., 1978; Francis et al., 1998; Jensen et al., 2008). Utilizando otras técnicas de regulación del rendimiento como el deshojado precoz (Poni et al., 2006, Intrieri et al., 2008) o la aplicación de anti-transpirantes (Palliotti et al., 2010) se ha observado un incremento del color de la uva, pero éste parecía estar más asociado a la mejora del microclima de los frutos que a la disminución del rendimiento productivo en sí mismo. En el presente estudio de aclareo mecánico, la porosidad de la *canopy* no se ha visto alterada y tampoco, por tanto el microclima de los frutos.

En general, el aumento de color y polifenoles fue más acusado en los racimos “dañados” que en los racimos “no dañados”. Esto podría ser debido a que los racimos “dañados” eran más pequeños y más sueltos. El menor número de bayas de los racimos con aclareo mecánico podría explicar el aumento de color y polifenoles, ya que las bayas quedarían más expuestas a luz. En ensayos previos en La Rioja, el aclareo mecánico provocó un aumento significativo de la concentración de antocianos y polifenoles totales en Garnacha y en Tempranillo (Tardáguila et al., 2008, 2012). En Australia, Petrie y Clingeleffer (2006) también han observado concentraciones significativamente mayores de antocianos y polifenoles en bayas y en vino correspondientes a un tratamiento de aclareo mecánico en Cabernet Sauvignon. Este aspecto es importante, porque estudios previos parecen demostrar que la concentración de antocianos en bayas está estrechamente relacionada con la concentración de antocianos en el vino (Iland, 1987; Francis et al., 1998).

Los resultados del presente trabajo indican que el incremento de la relación hoja-fruto (SFT/P), como consecuencia del menor rendimiento productivo del viñedo, estaba asociado a la concentración de antocianos en las bayas (Figura 4.21). En ensayos anteriores también se ha observado una relación parabólica entre la concentración de antocianos en los frutos y la relación hoja-fruto



(Tardáguila et al., 2012). Estos mismos autores postularon que este incremento de antocianos era independiente de la acumulación de azúcares y del tamaño de la baya. En general, los resultados del presente trabajo se alinean con la idea postulada por varios autores, sobre que el método de regulación del rendimiento productivo del viñedo podría tener un mayor impacto en la composición de los frutos que la disminución de la cantidad de uva en si misma (Poni et al., 2006; Palliotti et al., 2010; 2011; Tardáguila et al., 2012).





4.4. COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL VINO

4.4.1. COMPOSICIÓN DEL VINO

Es importante destacar que los vinos elaborados proceden de la uva de todos los racimos, tanto de racimos “no dañados” como “dañados”.

A. TEMPRANILLO

El grado alcohólico de los vinos de Tempranillo elaborados a partir de uva de los tratamientos de aclareo mecánico, no presentó diferencias significativas respecto al control en ninguno de los tres años de estudio (Tablas 4.20, 4.21 y 4.22). En general, el grado alcohólico de los vinos de Tempranillo no se vio afectado ni por la intensidad del aclareo, ni por la época del aclareo mecánico. El aclareo manual tampoco alteró significativamente el grado alcohólico de los vinos en comparación con el aclareo mecánico.

En los años 2008 y 2009, los vinos procedentes de los tratamientos de aclareo mecánico no mostraron diferencias significativas en el pH y en la acidez total (Tablas 4.21 y 4.22). Sin embargo, en el año 2007 presentaron un pH

más elevado y una acidez total más baja que el control (Tabla 4.20). La concentración de ácido málico tampoco se vio afectada sustancialmente por el aclareo mecánico. Al analizar la época de aclareo, se observó que el aclareo al inicio del envero provocó un descenso significativo de la acidez total de los vinos en los años 2007 y 2009, en comparación con el aclareo al cierre de racimo. Entre las distintas intensidades de aclareo mecánico no se observaron diferencias significativas en la acidez de los vinos. En los años 2008 y 2009, el aclareo manual provocó un incremento tanto en la acidez total como en la concentración de ácido málico de los vinos, respecto al aclareo mecánico. Además en el año 2008, indujo un descenso significativo del pH.

El aclareo mecánico indujo para los años 2007 y 2009 la obtención de vinos más intensamente coloreados (22-16%) y con mayor contenido polifenólico (18-24%) que el control (Tablas 4.20 y 4.22). En los años 2007 y 2009 también se incrementó la intensidad colorante en ambas épocas de aclareo. Además, en el año 2007 el aclareo mecánico a cierre de racimo provocó un aumento significativo del color de los vinos en comparación con el aclareo al inicio del envero. Los vinos de aclareo mecánico tanto a cierre de racimo como al inicio del envero mostraron valores de tonalidad más altos que el control, en los años 2007 y 2009. En general, entre las intensidades de aclareo mecánico no



se observaron diferencias significativas en los parámetros de color y polifenoles analizados en los tres años de estudio. Los vinos de la variedad Tempranillo de los años 2007 y 2009 presentaron una mayor intensidad colorante y un mayor índice de polifenoles totales que los vinos del año 2008 (Tabla 4.21). Sólo el año 2008, el aclareo manual incrementó significativamente la tonalidad y el contenido de polifenoles totales respecto al aclareo mecánico.



Tabla 4.20. Influencia del aclareo mecánico en la composición fisicoquímica de los vinos de Tempranillo en el año 2007, Ollauri (La Rioja). Los vinos han sido elaborados a partir de racimos “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas) y racimos “dañados” (entre el 5% y 90% de bayas dañadas) de forma conjunta. Valores promedio $\pm$ errores estándar (entre paréntesis) y análisis de varianza.

Tratamiento	Alcohol (% v/v)	pH	Acidez Total (g/l Ac. Tart.)	Ac. Málico (g/l)	Intensidad Colorante	Tonalidad	Índice Polifenoles Totales
Control	13,5 (0,31)	3,75 (0,05)	6,87 (0,26)	3,73 (0,12)	17,4 (0,91)	0,46 (0,01)	60,3 (3,38)
Aclareo mecánico cierre 410 rpm	14,3 (0,39)	3,97 (0,06)	6,48 (0,17)	3,52 (0,16)	22,3 (0,47)	0,48 (0,01)	81,7 (3,68)
Aclareo mecánico cierre 470 rpm	13,9 (0,15)	3,72 (0,01)	6,72 (0,01)	3,31 (0,05)	23,9 (0,53)	0,44 (0,01)	77,1 (3,39)
Aclareo mecánico envero 410 rpm	13,6 (0,46)	3,90 (0,04)	6,37 (0,05)	3,64 (0,06)	18,8 (0,23)	0,49 (0,01)	70,1 (2,52)
Aclareo mecánico envero 470 rpm	13,7 (0,27)	4,03 (0,05)	6,19 (0,14)	3,67 (0,26)	20,2 (0,35)	0,53 (0,01)	78,1 (2,96)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes							
Control vs Aclareo mecánico (todos ttos)	0,478	0,003	0,048	0,207	<0,001	0,039	<0,001
Control vs Aclareo cierre	0,089	0,092	0,246	0,082	<0,001	0,697	<0,001
Control vs Aclareo envero	0,587	<0,001	0,021	0,663	0,021	0,003	0,003
Aclareo cierre vs Aclareo envero	0,427	0,090	0,159	0,154	<0,001	0,005	0,168
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 470 rpm	0,530	0,599	0,907	0,569	0,062	0,966	0,639
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad							
Tratamiento	0,077	<0,001	0,156	0,341	<0,001	0,004	0,003



Tabla 4.21. Influencia del aclareo mecánico en la composición fisicoquímica de los vinos de Tempranillo en el año 2008, Ollauri (La Rioja). Los vinos han sido elaborados a partir de racimos “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas) y racimos “dañados” (entre el 5% y 90% de bayas dañadas) de forma conjunta. Valores promedio $\pm$ errores estándar (entre paréntesis) y análisis de varianza.

Tratamiento	Alcohol (% v/v)	pH	Acidez Total (g/l Ac. Tart.)	Ac. Málico (g/l)	Intensidad Colorante	Tonalidad	Índice Polifenoles Totales
Control	11,7 (0,70)	3,89 (0,01)	5,29 (0,34)	2,83 (0,25)	10,1 (0,73)	0,59 (0,01)	39,5 (3,44)
Aclareo mecánico cierre 410 rpm	12,0 (0,51)	3,95 (0,05)	5,05 (0,52)	3,09 (0,20)	10,0 (0,57)	0,61 (0,02)	41,7 (2,55)
Aclareo mecánico cierre 440 rpm	12,4 (0,35)	3,92 (0,02)	4,93 (0,10)	2,35 (0,13)	12,4 (0,68)	0,57 (0,01)	49,4 (2,00)
Aclareo mecánico cierre 470 rpm	12,0 (0,86)	3,98 (0,07)	4,86 (0,63)	2,87 (0,08)	9,8 (1,99)	0,61 (0,02)	33,8 (8,69)
Aclareo mecánico envero 410 rpm	12,2 (0,50)	3,96 (0,05)	4,93 (0,45)	3,07 (0,07)	9,6 (0,75)	0,62 (0,02)	38,7 (3,02)
Aclareo mecánico envero 440 rpm	11,5 (0,31)	3,92 (0,04)	4,83 (0,26)	2,78 (0,35)	10,8 (0,31)	0,57 (0,02)	42,3 (4,23)
Aclareo mecánico envero 470 rpm	12,1 (0,66)	3,88 (0,01)	5,29 (0,27)	2,76 (0,22)	9,8 (0,53)	0,57 (0,01)	45,1 (1,57)
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 Aclareo mecánico (todos ttos)	0,579	0,250	0,441	0,369	0,983	0,645	0,609
Control vs Aclareo cierre	0,510	0,165	0,428	0,773	0,903	0,509	0,660
Control vs Aclareo envero	0,707	0,457	0,520	0,184	0,934	0,844	0,606
Aclareo cierre vs Aclareo envero	0,696	0,350	0,820	0,225	0,771	0,514	0,913
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 440 rpm	0,796	0,347	0,786	0,356	0,320	0,097	0,192
Aclareo 440 rpm vs Aclareo 470 rpm	0,857	0,760	0,626	0,264	0,185	0,188	0,140
Aclareo manual vs Aclareo mec. envero	0,113	0,043	<0,001	<0,001	0,412	<0,001	0,010
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad							
Tratamiento	0,699	0,169	0,037	0,091	0,112	<0,001	0,039

Tabla 4.21. Influencia del aclareo mecánico en la composición fisicoquímica de los vinos de Tempranillo en el año 2008, Ollauri (La Rioja). Los vinos han sido elaborados a partir de racimos “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas) y racimos “dañados” (entre el 5% y 90% de bayas dañadas) de forma conjunta. Valores promedio $\pm$ errores estándar (entre paréntesis) y análisis de varianza.

Tratamiento	Alcohol (% v/v)	pH	Acidez Total (g/l Ac. Tart.)	Ac. Málico (g/l)	Intensidad Colorante	Tonalidad	Índice Polifenoles Totales
Control	11,7 (0,70)	3,89 (0,01)	5,29 (0,34)	2,83 (0,25)	10,1 (0,73)	0,59 (0,01)	39,5 (3,44)
Aclareo mecánico cierre 410 rpm	12,0 (0,51)	3,95 (0,05)	5,05 (0,52)	3,09 (0,20)	10,0 (0,57)	0,61 (0,02)	41,7 (2,55)
Aclareo mecánico cierre 440 rpm	12,4 (0,35)	3,92 (0,02)	4,93 (0,10)	2,35 (0,13)	12,4 (0,68)	0,57 (0,01)	49,4 (2,00)
Aclareo mecánico cierre 470 rpm	12,0 (0,86)	3,98 (0,07)	4,86 (0,63)	2,87 (0,08)	9,8 (1,99)	0,61 (0,02)	33,8 (8,69)
Aclareo mecánico envero 410 rpm	12,2 (0,50)	3,96 (0,05)	4,93 (0,45)	3,07 (0,07)	9,6 (0,75)	0,62 (0,02)	38,7 (3,02)
Aclareo mecánico envero 440 rpm	11,5 (0,31)	3,92 (0,04)	4,83 (0,26)	2,78 (0,35)	10,8 (0,31)	0,57 (0,02)	42,3 (4,23)
Aclareo mecánico envero 470 rpm	12,1 (0,66)	3,88 (0,01)	5,29 (0,27)	2,76 (0,22)	9,8 (0,53)	0,57 (0,01)	45,1 (1,57)
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 Aclareo mecánico (todos ttos)	0,579	0,250	0,441	0,369	0,983	0,645	0,609
Control vs Aclareo cierre	0,510	0,165	0,428	0,773	0,903	0,509	0,660
Control vs Aclareo envero	0,707	0,457	0,520	0,184	0,934	0,844	0,606
Aclareo cierre vs Aclareo envero	0,696	0,350	0,820	0,225	0,771	0,514	0,913
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 440 rpm	0,796	0,347	0,786	0,356	0,320	0,097	0,192
Aclareo 440 rpm vs Aclareo 470 rpm	0,857	0,760	0,626	0,264	0,185	0,188	0,140
Aclareo manual vs Aclareo mec. envero	0,113	0,043	<0,001	<0,001	0,412	<0,001	0,010
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad							
Tratamiento	0,699	0,169	0,037	0,091	0,112	<0,001	0,039



B. GARNACHA

El aclareo mecánico y el aclareo manual no afectaron significativamente al grado alcohólico de los vinos de la variedad Garnacha en los dos años de estudio (Tablas 4.23 y 4.24). Tampoco la intensidad modificó el grado alcohólico de los vinos.

El aclareo mecánico provocó un aumento de la acidez total en los vinos elaborados en el año 2008 (Tabla 4.23). Sin embargo, en el año 2009 los parámetros de acidez no se vieron afectados (Tabla 4.24). El aclareo mecánico a 470 rpm indujo un incremento de la acidez total, en el año 2008. En ese año, el aclareo manual causó un descenso en el pH y un aumento de la acidez total del vino en comparación con el aclareo mecánico.

En general, los parámetros de intensidad colorante, tonalidad y polifenoles en los vinos de Garnacha no se vieron afectados por la intensidad del aclareo para los dos años de estudio (Tablas 4.23 y 4.24). Tampoco hubo diferencias significativas entre el aclareo manual y el aclareo mecánico en cuanto a color y polifenoles.

Tabla 4.23. Influencia del aclareo mecánico en la composición fisicoquímica de los vinos de Garnacha en el año 2008. Alfaro (La Rioja). Los vinos han sido elaborados a partir de racimos “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas) y racimos “dañados” (entre el 5% y 90% de bayas dañadas) de forma conjunta. Valores promedio $\pm$ errores estándar (entre paréntesis) y análisis de varianza.

Tratamiento	Alcohol (% v/v)	pH	Acidez Total (g/l Ac. Tart.)	Ac. Málco (g/l)	Intensidad Colorante	Tonalidad	Índice Polifenoles Totales
Control	13,5 (0,09)	3,99 (0,04)	3,86 (0,06)	0,73 (0,07)	9,9 (0,29)	0,71 (0,01)	42,6 (0,52)
Aclareo mecánico cierre 410 rpm	13,4 (0,17)	3,93 (0,05)	4,07 (0,10)	0,76 (0,06)	9,5 (0,46)	0,69 (0,02)	41,6 (1,69)
Aclareo mecánico cierre 470 rpm	13,2 (0,10)	3,89 (0,05)	4,34 (0,06)	0,89 (0,11)	9,0 (0,29)	0,69 (0,05)	39,8 (1,43)
Aclareo manual	13,7 (0,29)	4,04 (0,03)	3,94 (0,16)	0,81 (0,15)	9,4 (0,08)	0,76 (0,02)	42,5 (0,46)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes							
Control vs Aclareo cierre	0,361	0,065	0,005	0,386	0,093	0,538	0,203
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 470 rpm	0,294	0,167	0,021	0,353	0,346	0,835	0,313
Aclareo manual vs Aclareo cierre	0,993	0,017	0,027	0,873	0,828	0,054	0,252
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad							
Tratamiento	0,275	0,043	0,007	0,656	0,285	0,222	0,385



Tabla 4.24. Influencia del aclareo mecánico en la composición fisicoquímica de los vinos de Garnacha en el año 2009, Alfaro (La Rioja). Los vinos han sido elaborados a partir de racimos “no dañados” (menos del 5% de bayas dañadas) y racimos “dañados” (entre el 5% y 90% de bayas dañadas) de forma conjunta. Valores promedio $\pm$ errores estándar (entre paréntesis) y análisis de varianza.

Tratamiento	Alcohol (% v/v)	pH	Acidez Total (g/l Ac. Tart.)	Ac. Málico (g/l)	Intensidad Colorante	Tonalidad	Índice Polifenoles Totales
Control	14,4 (0,11)	3,99 (0,03)	4,75 (0,14)	1,90 (0,23)	5,5 (0,28)	0,82 (0,02)	40,4 (1,88)
Aclareo mecánico cierre 410 rpm	14,2 (0,24)	4,01 (0,04)	4,92 (0,10)	1,64 (0,18)	5,7 (0,68)	0,83 (0,02)	42,8 (2,31)
Aclareo mecánico cierre 470 rpm	14,5 (0,30)	4,00 (0,05)	5,00 (0,16)	2,50 (0,43)	7,0 (0,79)	0,83 (0,03)	41,5 (3,21)
Aclareo manual	14,6 (0,21)	4,04 (0,03)	4,86 (0,11)	2,55 (0,34)	6,8 (0,40)	0,88 (0,02)	43,5 (0,80)
Valores de probabilidad (p) de los contrastes							
Control vs Aclareo cierre	0,975	0,871	0,219	0,698	0,566	0,635	0,541
Aclareo 410 rpm vs Aclareo 470 rpm	0,400	0,888	0,669	0,096	0,144	0,910	0,699
Aclareo manual vs Aclareo cierre	0,323	0,492	0,545	0,244	0,505	0,086	0,624
Análisis de Varianza-Valores de probabilidad							
Tratamiento	0,605	0,873	0,610	0,202	0,345	0,235	0,776

DISCUSIÓN

Composición fisicoquímica del vino

El aclareo mecánico no modificó sustancialmente el grado alcohólico de los vinos en Tempranillo y Garnacha. Este es un resultado concordante con los valores observados de concentración de azúcares de la uva.

La acidez de los vinos se vio afectada de manera dispar por el aclareo mecánico, dependiendo de la variedad y del año. En ambas variedades, hubo años que las diferencias de acidez total observadas en las uvas con aclareo mecánico se han mantenido en los vinos y otros años esas diferencias parecían haberse amortiguado. En relación a la acidez del vino (definida como la equivalencia en protones de los aniones de ácidos orgánicos), Boulton (1980) indicó que difiere notablemente de la del mosto, ya que concentraciones de los ácidos láctico y succínico generados en la fermentación, así como los niveles de ácido acético, y cítrico, presentes en concentraciones significativas en el vino, juegan un papel fundamental en la acidez del vino.

Los compuestos fenólicos son parte muy importante del color y de las características organolépticas de los vinos. La concentración de estos compuestos en la baya se relaciona 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). En general, el aclareo mecánico aumentó la intensidad colorante y el índice de polifenoles totales en los vinos de Tempranillo; y no alteró la intensidad colorante y el índice de polifenoles totales en los vinos de Garnacha. Estos resultados son coherentes con los datos de antocianos y fenoles obtenidos en la uva. También es necesario recordar que en el presente estudio de aclareo mecánico no alteró la porosidad de la pared vegetativa ni la exposición de los frutos. En otros ensayos de regulación mecanizada de la producción de uva mediante deshojado precoz se ha atribuido el incremento observado en el color y el contenido fenólico de los vinos a la mayor exposición solar de los frutos, más que a la disminución de la producción de uva del viñedo (Tardáguila et al., 2012). De hecho, ha sido frecuente obtener vinos más intensamente coloreados en distintas variedades como Shiraz (Price et al., 1995), Optima y Cabernet Franc (Staff et al., 1997) y Sangiovese (Guidoni et al., 2008), con la eliminación de hojas en la zona basal de los racimos.

Son numerosos los estudios sobre los efectos del aclareo manual en la composición de la uva y del vino, ya que es la principal técnica de regulación de la producción de uva del viñedo (Iacono et al., 1991; García-Escudero y Zaballa, 2000; Keller et al., 2005; García-Escudero, 2006). 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 (García-Escudero et al., 1995; Tardáguila et al., 2005; Guidoni et al., 2002; Reynolds et al., 2007). En otros estudios los efectos eran más variables y, en general, dependían de la relación hoja-fruto (Bertamini et al., 1991; Iacono et al., 1991), al igual que sucede en este trabajo.

4.4.2. ANÁLISIS SENSORIAL DE LOS VINOS

La evaluación de las características organolépticas de los vinos se llevó a cabo solamente en los vinos de Tempranillo elaborados en el año 2007, para los tratamientos de aclareo mecánico realizados a 470 rpm.

Así es estudiaron los vinos correspondientes a los tratamientos control, aclareo mecánico a cierre de racimo (470 rpm) y aclareo mecánico a inicio de envero (470 rpm). La tabla 4.25 muestra los resultados obtenidos mediante ANOVA para cada descriptor. Asimismo, para cada descriptor se muestran también los valores promedio de las puntuaciones, las mínimas diferencias significativas (LSD) así como la significación de los factores (tratamiento y juez) y su interacción.



Tabla 4.25. Influencia del aclareo mecánico en el aroma y la percepción en boca de los vinos de Tempranillo del año 2007 (n=15 jueces x 3 vinos/tratamiento x 2 repeticiones/vino). Valores promedio de las puntuaciones obtenidas, de LSD, análisis de varianza y significación estadística ((*) p<0.05, (**) p<0.01, (***) p<0.001)).

Descriptor	Intensidad media				Valor F		
	Control	Aclareo cierre racimo	Aclareo inicio envero	LSD	Tratamiento (T)	Juez (J)	T x J
Aroma							
Fresa-Frutos rojos	3,58 a	2,76 b	2,60 b	0,593	6,56**	6,70***	0,93
Mora-Frutas del bosque	3,26 a	2,46 b	2,06 b	0,605	8,28**	6,55***	1,34
Plátano	2,16 a	1,91 ab	1,34 b	0,582	3,97*	3,47***	0,98
Gominola	2,36 a	2,13 a	1,51 b	0,456	7,25**	6,29***	0,74
Floral fresco	1,87 a	1,33 b	1,35 b	0,505	3,05*	6,36***	0,81
Violeta	1,42 a	1,39 a	0,84 b	0,441	4,09*	21,04***	1,24
Hierba cortada	1,12 a	0,87 ab	0,62 b	0,399	3,10*	9,40***	1,21
Menta balsámica	1,26 a	1,33 a	0,83 b	0,411	3,13*	12,46***	1,41
Regaliz	1,83	2,03	1,73	0,607	0,48	13,97***	1,83*
Percepción en boca							
Volumen	3,37	3,34	3,54	0,535	0,32	5,17***	1,08
Acidez	4,09 a	4,13 a	3,15 b	0,627	5,64**	6,63***	1,54
Astringencia	3,22 b	4,99 a	5,01 a	0,669	19,62***	3,88***	1,08

El aclareo mecánico modificó el perfil aromático y de percepción en boca de los vinos, lo que se tradujo en diferencias significativas en todos los atributos organolépticos evaluados excepto en regaliz y volumen en boca.

El factor juez constituyó una fuente de variación significativa en todos los parámetros. Sin embargo, esta circunstancia es común en estudios de análisis descriptivo, y tiene lugar por la distinta utilización de la escala de puntuación por parte de los jueces, que puntúan en la parte alta o baja de la escala consistentemente. En este sentido, la primera fase de entrenamiento persigue 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 puntuaciones iguales. En términos de coherencia, la interacción juez x tratamiento resultó significativa únicamente para el descriptor regaliz, que no mostró diferencias significativas entre los tratamientos de aclareo mecánico y el control.

Para visualizar mejor los cambios aromáticos producidos en los vinos, las intensidades promedio de los descriptores que han mostrado diferencias significativas se representan en el gráfico de la figura 4.23

Respecto al perfil aromático, los vinos obtenidos de cepas sometidas a aclareo mecánico mostraron, en términos generales, menores puntuaciones que los vinos control. Este descenso en la percepción aromática se manifestó de forma más acusada en los vinos correspondientes al aclareo a inicio de enero, mientras que para el aclareo a cierre

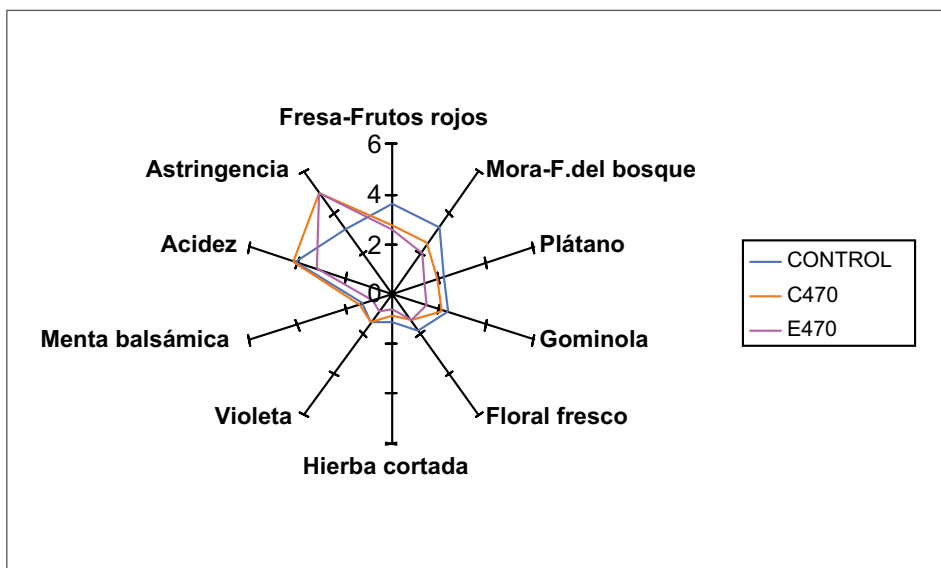


Figura 4.23. Intensidades promedio de los descriptores aromáticos y de percepción en boca evaluados en vinos de Tempranillo del año 2007 (n=15 jueces x 3 vinos/tratamiento x 2 repeticiones/vino). En el origen, intensidad = 0; en el perímetro, intensidad = 6,0. (C470: Aclareo cierre de racimo; E470: Aclareo inicio de envero).

de racimo, solamente obtuvieron menores puntuaciones que los vinos control los aromas de fresa-frutos rojos, mora-frutos del bosque y floral fresco (Tabla 4.25 y Figura 4.23).

En cuanto a la percepción en boca, los vinos de cepas sometidas a aclareo mecánico fueron percibidos como más astringentes. En términos de acidez, solamente la puntuación de dicha percepción disminuyó en los vinos correspondientes al aclareo a inicio de envero (Tabla 4.25).

Para identificar mejor las relaciones existentes entre los distintos descriptores organolépticos evaluados se realizó un análisis de componentes principales utilizando solamente los términos que habían mostrado diferencias significativas entre tratamientos. El mapa de los dos primeros componentes principales se muestra en la figura 4.24.

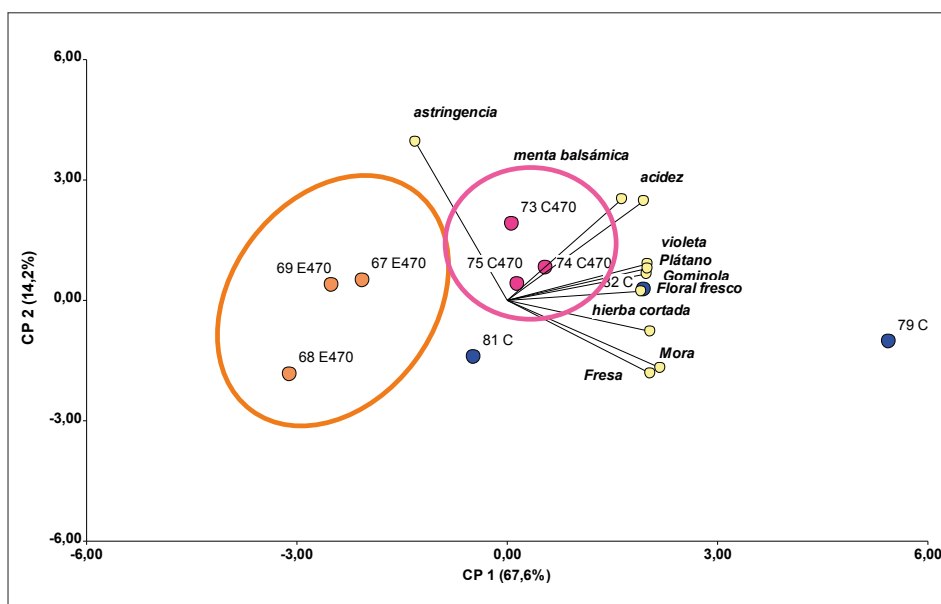


Figura 4.24. Análisis de componentes principales de los descriptores aromáticos y de percepción en boca, de los vinos de Tempranillo del año 2007 (n=15 jueces x 3 vinos/tratamiento x 2 repeticiones/vino). (● C: control; ● C470: Aclareo cierre de racimo; ● E470: Aclareo inicio de envero).



El Análisis de Componentes Principales reveló que el primer componente (CP1) explicaba el 67.6% de la variabilidad de los datos, mientras que el segundo (CP2) explicaba el 14.2%, sumando entre ambos el 81.8% (Figura 4.24). En general, los atributos de aroma caracterizaron el componente CP1, manifestándose en la parte positiva del mismo. Destacaron floral fresco, gominola, plátano, violeta, mora y fresa, estos dos últimos correlacionados de forma significativa, como se recoge en la tabla 4.26, que muestra la matriz de correlaciones entre los atributos organolépticos que presentaron diferencias significativas entre tratamientos. El componente principal CP2 se caracterizó fundamentalmente por la astringencia, en su parte positiva. En el mapa de componentes principales se observa cómo los vinos de un mismo tratamiento de aclareo, se agruparon en una zona o región concreta del mapa, diferenciándose claramente del control (Figura 4.24). De forma clara puede observarse cómo los vinos correspondientes al aclareo inicio de enero son los que presentan mayor astringencia y menor intensidad aromática para todos los aromas evaluados, mientras que los vinos elaborados a partir de cepas sometidas a aclareo mecánico cierre de racimo se sitúan entre la zona de los vinos control (en la parte positiva del CP1) y la región de los vinos del aclareo inicio de enero.

Tabla 4.26. Matriz de coeficientes de correlación de Pearson (r) entre los descriptores aromáticos y de percepción en boca de los vinos de Tempranillo 2007 (n=15 jueces x 3 vinos/tratamiento x 2 repeticiones/vino) ((* p<0,05, (**) p<0,01, (***) p<0,001)).

	Fresa	Mora	Plátano	Gominola	Floral fresco	Violeta	Hierba cortada	Menta balsámica	Acidez	Astringencia
Fresa	1,00									
Mora	0,94***	1,00								
Plátano	0,82**	0,74*	1,00							
Gominola	0,64	0,77*	0,62	1,00						
Floral fresco	0,65	0,71*	0,62	0,67*	1,00					
Violeta	0,72*	0,75*	0,87**	0,73*	0,54	1,00				
Hierba cortada	0,69*	0,83**	0,61	0,71*	0,80*	0,74*	1,00			
Menta balsámica	0,55	0,63	0,72*	0,79*	0,78*	0,73*	0,62	1,00		
Acidez	0,40	0,52	0,58	0,68*	0,51	0,57	0,52	0,82**	1,00	
Astringencia	-0,73*	-0,8**	-0,30	-0,36	-0,40	-0,28	-0,60	-0,11	-0,13	1,00

Como puede verse en la tabla 4.26, existían correlaciones significativas entre varios de los parámetros sensoriales evaluados. Especialmente a destacar son las correlaciones inversas entre fresa y astringencia, así como entre mora y astringencia. Por otro lado, el atributo acidez, de percepción en boca se correlaciona positiva y significativamente con gominola y menta balsámica. Entre



los distintos descriptores aromáticos, la ya citada correlación entre fresa y mora, así como fresa y plátano, violeta y plátano, floral fresco y hierba cortada. Dada la numerosa cantidad de correlaciones significativas y positivas entre los atributos aromáticos puede decirse que cualquiera que sea el efecto que ha potenciado uno de ellos ha provocado también un aumento en el resto de aromas. En general, la intensidad aromática aumentó de forma sincronizada para los distintos aromas, si bien el umbral o intensidad máxima alcanzadas para cada uno no eran necesariamente iguales (Tabla 4.26).

La figura 4.25 muestra el mapa de componentes principales al englobar los parámetros analíticos y sensoriales que muestran diferencias significativas entre los vinos de distintos tratamientos de aclareo y control. Los dos primeros componentes principales explicaron el 90.6% de la variabilidad de los datos. Del mismo modo que en el mapa de la figura 4.25, los vinos de los diferentes tratamientos de aclareo y control se agruparon en tres zonas diferenciadas. Asimismo se observa claramente las correlaciones existentes entre algunos de los parámetros analíticos y los descriptores sensoriales. Por ejemplo, acidez y pH estaban inversamente correlacionadas ($r = -0.91^{***}$), en tanto que astringencia aparecía positivamente correlacionada con el índice de polifenoles totales (IPT) ($r = 0.90^{***}$) y con la intensidad colorante (IC) ($r = 0.79^*$). Estas tres

correlaciones eran *a priori* esperables y demuestran una coherencia entre los datos analíticos y los sensoriales. Sin embargo, otras relaciones significativas que no serían evidentes de inicio son las encontradas entre IPT y fresa ($r = -0.83^{**}$) y entre IPT y mora ($r = -0.91^{***}$).

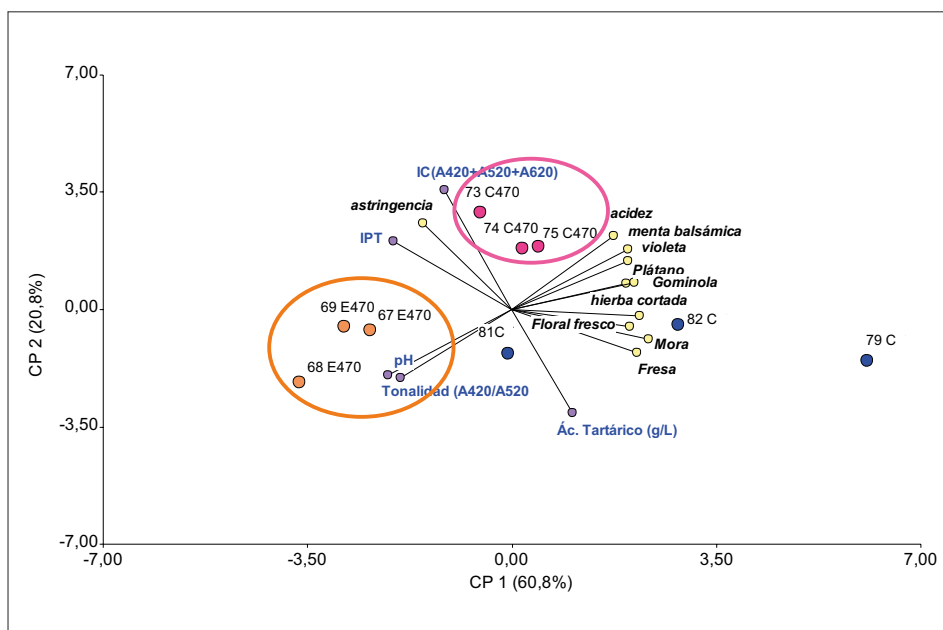


Figura 4.25. Análisis de componentes principales de los parámetros analíticos y organolépticos de los vinos de Tempranillo del año 2007 ($n = 9$). (● C: control; ● C470: Aclareo cierre de racimo; ● E470: Aclareo inicio de envero).



DISCUSIÓN

Características sensoriales del vino

En el estudio realizado, ocho descriptores aromáticos mostraron diferencias significativas entre el control y los tratamientos de aclareo mecánico, lo que parece indicar que la mayoría de los términos utilizados en el análisis descriptivo fueron útiles para caracterizar las diferencias entre los vinos.

En general, el aclareo mecánico parece haber originado una reducción de la intensidad aromática de los vinos de Tempranillo en comparación con el control. La reducción de la producción de uva, mediante la técnica de aclareo mecánico, parece haber sido un factor clave en la percepción organoléptica de los vinos, tanto en aroma como en boca. Los efectos más acusados se han observado cuando el aclareo se llevó a cabo al inicio del envero, tratamiento que supuso una reducción más drástica del rendimiento, no sólo respecto al control, como también respecto al aclareo mecánico a cierre de racimo. Sin embargo, la disminución del rendimiento puede no ser el único factor que hay influido en el perfil organoléptico de los vinos obtenidos. Así, Diago et al., (2010b) observaron que una disminución del rendimiento de 30-75%, ocasionada por un aclareo mecánico a intensidades diferentes en una misma época, no indujo una modificación del perfil organoléptico de los vinos sustancial, ya que ni el aroma ni la percepción en boca

de éstos mostraron diferencias significativas en un estudio sensorial realizado por catadores entrenados. Del mismo modo, Chapman et al., (2004) no encontraron diferencias significativas en las propiedades aromáticas de vinos de la variedad Cabernet Sauvignon, obtenidos a partir de cepas sometidas a diferentes intensidades de aclareo manual, que tuvieron producciones de uva muy diferentes.

Por otro lado, algunos trabajos, como el realizado por Kalua y Boss (2009), han demostrado que la composición de sustancias volátiles cambia cuantitativa y cualitativamente a lo largo del desarrollo de la baya, y que esta evolución es altamente dependiente de la actividad enzimática. Así, cualquier práctica vitícola, como el aclareo, que se lleve a cabo en momentos distintos del desarrollo de la baya, entre cuajado y envero, podría potencialmente inducir una respuesta diferente en el perfil aromático de la baya y del vino, ya que afectarían de forma distinta la regulación de diferentes rutas de síntesis de compuestos aromáticos. Así, Vilanova et al., 2012 observaron un fuerte impacto de otra innovadora técnica de aclareo como es el deshojado precoz (manual y mecánico) sobre los componentes volátiles del vino. Según estos autores, estos efectos se debían más a la modificación del microclima que al descenso de la producción. Además de los factores ya mencionados, es posible que otras causas, ligadas a los tratamientos de aclareo mecánico hayan podido también influir en la reducción



de la percepción aromática de los vinos. En este estudio, si se compara la intensidad aromática para los distintos descriptores entre las dos épocas de aclareo, los vinos correspondientes al aclareo inicio de envero fueron menos intensos en los aromas de plátano, gominola, violetas y menta, que los vinos de aclareo cierre de racimo.

Respecto a la percepción en boca, los vinos elaborados a partir de cepas sometidas a aclareo mecánico inicio de envero fueron percibidos como menos ácidos. La sensación de acidez parece reflejar el pH del vino, ya que ambas variables estaban significativamente relacionadas ($r = -0.91$). Estos resultados coinciden con los descritos por Chapman et al., (2004), quienes observaron una disminución de la percepción de acidez en vinos al disminuir el rendimiento mediante aclareo manual de racimos.

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). También, los compuestos fenólicos juegan un papel fundamental en la calidad sensorial del vino, y son responsables de las sensaciones de amargor y astringencia (Gawel et al., 2001). Por ello, sería

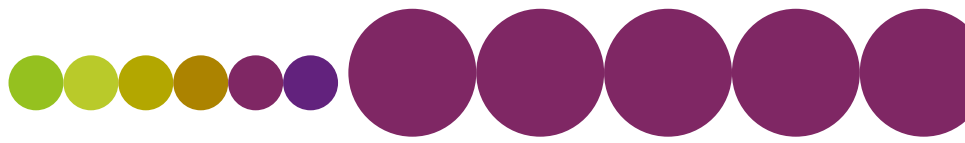
esperable que un incremento en el contenido fenólico de los vinos se tradujera en una percepción en boca diferente, como parece haber sucedido en este trabajo, ya que los vinos elaborados a partir de cepas sometidas a aclareo mecánico fueron percibidos como significativamente más astringentes que los vinos control, de forma similar a lo observado por Chapman et al., (2004). La sensación oral de astringencia parece potenciar la complejidad y persistencia en el paladar de los vinos (Peynaud 1996).

En el transcurso de la evaluación organoléptica de los vinos, ninguno de los elaborados a partir de cepas aclareadas mecánicamente mostraron defecto aromático alguno. Este hecho parece corroborar que la mecanización de la operación de aclareo no genera ningún artefacto o efecto negativo en el carácter sensorial de los vinos, siendo una práctica respetuosa con la calidad organoléptica de los vinos (Tardáguila et al., 2008).

Por último, en los mapas de componentes principales puede verse que los vinos correspondientes al control y a tratamientos distintos de aclareo mecánico aparecían separados de forma clara en grupos, según las variables derivadas del análisis químico y sensorial. Las diferencias en aroma y percepción en boca en los vinos, inducidas por el aclareo mecánico, ejecutado en un momento u otro,



pueden ayudar al enólogo a desarrollar estrategias de vendimia diferenciada, con el objetivo de asignar uva de diferentes tratamientos de aclareo a estilos de vinos distintos, en función de su perfil organoléptico.



CONCLUSIONES



A continuación, se presentan las conclusiones de este trabajo de investigación sobre los efectos del aclareo mecánico:

Componentes de la producción

- 1) El aclareo mecánico por vibración usando una vendimiadora convencional provocó una reducción del rendimiento productivo de los viñedos de Tempranillo y de Garnacha.
- 2) La reducción de la producción causada por el aclareo mecánico con vendimiadora se debió a dos efectos: 1) por desprendimiento directo de bayas y /o racimos de la cepa, así como 2) por desecación de bayas y racimos causados por roturas en pedicelos y pedúnculos inducidas por el efecto de la vibración.
- 3) La morfología del racimo se vio afectada notablemente por el aclareo mecánico. El desprendimiento y desecación de bayas debido a la vibración de la vendimiadora indujo generalmente una menor compacidad de los racimos, al disminuir el número de bayas por racimo, dando lugar a racimos más sueltos y aireados.

4) El aclareo mecánico indujo una elevada heterogeneidad de la morfología del racimo (peso del racimo, número de bayas y compacidad) a nivel cepa.

Estado sanitario y equilibrio vegetativo-productivo

5) El aclareo con vendimiadora no alteró el estado sanitario de los racimos, incluso cuando el aclareo se realizó al inicio del envero.

6) La ejecución del aclareo con vendimiadora no provocó la eliminación de hojas, por lo tanto no modificó la superficie foliar total por cepa.

7) Al disminuir la producción de uva y no variar la superficie foliar, la relación hoja/fruto aumentó con el aclareo mecánico.

Composición y calidad de la uva

8) A pesar de la reducción de la producción de uva, el aclareo mecánico no alteró sustancialmente, ni la concentración de azúcares ni los parámetros de acidez en la uva.

9) En general, se observó un incremento de los antocianos y de los polifenoles en la uva, especialmente en el viñedo de Tempranillo. En el viñedo de Garnacha sólo se observó



un incremento de polifenoles. El aumento de antocianos y polifenoles fue más acusado en los racimos "dañados" que en los racimos "no dañados".

Composición y calidad del vino

10) El aclareo mecánico no modificó sustancialmente ni el grado alcohólico ni la acidez de los vinos de Tempranillo y Garnacha.

11) En general, el aclareo con vendimiadora aumentó la intensidad colorante y el índice de polifenoles totales de los vinos de Tempranillo. En Garnacha, no se apreciaron estas diferencias.

12) Los vinos de Tempranillo obtenidos de cepas sometidas a aclareo mecánico mostraron un descenso en la percepción aromática y fueron percibidos como más astringentes.

Efectos de la época y de la intensidad de aclareo mecánico

13) La época del aclareo mecánico no modificó sustancialmente el rendimiento productivo del viñedo, ni el estado sanitario de los frutos, ni composición de la uva y del vino.

14) Los componentes de la producción, estado sanitario y composición de la uva y del vino se vieron poco afectados por la intensidad del aclareo mecánico.

Aclareo mecánico y aclareo manual de racimos

15) La capacidad de control de la producción del aclareo mecánico fue similar a la del aclareo manual de racimos. También la calidad de la uva y del vino fue similar en ambas técnicas de aclareo. Sin embargo, el aclareo mecánico es capaz de alterar la compacidad y aireación del racimo, por disminución del número de bayas del mismo, mientras que este hecho no sucede en el aclareo manual.

Conclusión final

El aclareo mecánico se ha mostrado como una nueva técnica de cultivo eficaz y capaz de regular la producción de uva en viticultura.



BIBLIOGRAFÍA



- Alleweldt G., Eibach R., Rühl E. (1982) Untersuchungen zum gaswechsel der rebe. I. Einfluß von temperatur, blattalter und tageszeit auf nettphotosynthese und transpiration. *Vitis*, 21:93-100.
- Bergqvist, J., Dokoozlian, N., Ebisuda, N. (2001) Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the Central San Joaquin Valley of California. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52, 1-7.
- Bertamini, M., Iacono, F. Scienza, A. (1991) Manipolazione dei rapporti sink-source mediante il diradamento dei grappoli e riflessi sulla qualita (cv. Cabernet Sauvignon). *Vignevini* 10, 41-47.
- Bledsoe, A.M., Kliever, W.M., 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., Singleton, V.L., Bisson, L.F., Kunkee, R.E. (1998) Principles and practices of winemaking. Aspen publishers, Inc., Gaithersburg, Maryland. Pp. 604.

- Bravdo, B., Hepner, Y., Loinger, C., Cohen, S., Tabacman, H. (1984) Effect of crop level on grown, yield and wine quality of a high-yielding Carignane vineyard. American Journal of Enology and Viticulture 35, 247-252.
- Campostrini F., Bertamini M., De Micheli L., Iacono F. (1991) Esperienze pluriannuali di diradamento dei grappoli sui vitigni Schiava e Cabernet sauvignon. Vignevini, 10, 29-39.
- Candolfi-Vasconcelos, M.C., Brasker, E., 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.
- Carbonneau A., Casteran P. (1987). Optimization of vine performance by the lyre training systems. Proceedings of the sixth Australian Wine Industry Technical Conference. Adelaide, South Australia, 14-17 july 1986. Australian Industrial Publishers. Adelaide.
- CEE N° 2676/90 de la Comisión, del 17 de septiembre, por el que se determinan los métodos de análisis comunitarios aplicables en el sector de vino (D.O.C.E. N° L272, del 3 de octubre, 1990).
- Champagnol F. (1984) Elements de physiologie de la vigne et de viticulture generale. S.A.R.L. Impr. Dehan. Montpellier.



- Chapman, D.M., Matthews, M.A., 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.
- Chaves M.M., Harley P.C., Tenhunen J.D., Lange O.L. (1987) Gas exchange studies in two Portuguese grapevine cultivars. *Physiol. Plantarum*, 70:639-647.
- Clingeleffer, P.R. (1993) Development of management systems for low cost, high quality wine production and vigour control in cool climate Australian vineyards. *Die Wein-Wissenschaft* 48,130-134.
- Clingeleffer, P.R., Krstic, M.P., 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., 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.
- 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. (1995) Adoption of a system for identifying

grapevine growth stages. Australian Journal of Grape and Wine Research 1, 104-110.

- D.O.Ca Rioja (2010) Memoria estadística de la Denominación de Origen Calificada Rioja del año 2010. Consejo regulador de la D.O.Ca Rioja. Logroño, La Rioja.
- De Ros G., Falcetti M., Iacono F., Stefanini M. (1991) Riscontri economico-commerciali di vini prodotti da uve diradate: un esempio nel Trentino.
- Diago, M.P. (2010) Estudio y desarrollo del deshojado precoz como técnica para el control del rendimiento productivo de la vid (*Vitis vinifera* L.). Efectos sobre el desarrollo vegetativo, los componentes de la producción, así como sobre la composición y la calidad de la uva y del vino. PhD Thesis. Universidad de La Rioja.
- Diago, M.P., Vilanova, M., Blanco, J.A., 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 16, 314-326.
- Diago, M.P., Ayestarán, B., Guadalupe, Z., Garrido, A., Tardáguila, J. (2012a) Phenolic composition of Tempranillo wines following early defoliation on the vines. Journal of the Science of Food and Agriculture, 92, 925-934.
- Diago, M.P., Ayestarán, B., Guadalupe, Z., Poni, S., Tardáguila, J. (2012b) Impact of pre-bloom and fruit-



set basal leaf removal on the flavonol and anthocyanin composition of Tempranillo grapes. *American Journal of Enology and Viticulture*, 63, 367-376.

- Feninger, A.G., Pool, R.M., Dunst, R.M., 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).
- Francis, I.L., Iland, P.G., Cynkar, W.U., Kwiatkowski, M., Williams, P.J., Armstrong, H., Botting, D.G., Gawel, R., 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.
- 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., 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., Arbizu, J. (1995) El control del rendimiento por aclareo de racimos. *Experiencias sobre cv. Mazuelo. Zubía Monográfico* 7, 53-64.

- Gawel, R., Iland, P.G., Francis, I.L. (2001) Characterizing the astringency of red wine: a case study. *Food Quality and Preference* 12, 83-94.
- Gubler, W.D., Bettiga, L.J., 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., 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.
- Haselgrove, L., Botting, D., van Heeswijck R., Hoj, P.B., Dry, P.R., Ford, C. 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.
- Hofäcker, W. (1978) Untersuchungen zur photosynthese der rebe. Einfluß der entblätterung, der dekapitierung, der ringelung und der entfernung der traube. *Vitis* 17, 10-22.
- Iacono F., Bertamini M., Porro D., Stefanini M. (1991a) Rapporto tra I livelli di variabilità della struttura vegeto-produttiva della vite e risultati quanti-qualitativi del diradamento. *Vignevini*, 10, 49-54.



- Iacono F., Bertamini M., Scienza A. (1991b) El diradamento dei grappoli nella vite quale esemplificazione dei rapporti tra fisiologia e tecnica culturali. *Vignevini*, 10, 23-28.
- 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.
- Intrieri, C., Filippetti, I., Allegro, G., Centinari, M., 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.
- Jackson, D.I., Lombard, P.B. (1993) Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality- A review. *American Journal of Enology and Viticulture* 44, 409-430.
- Jackson, M. G., Timberlake, C. F., Bridle, P., 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., 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., Boss, P.K. (2009) 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.
- Kaps, M.L., 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., Mills, L., Wample, R., Spayd, S. (2005) Cluster thinning effects on three deficit-irrigated *Vitis vinifera* cultivars. American Journal of Enology and Viticulture 56, 91-103.
- Kennedy, J.A., Saucier, C., Glories, Y. (2006) Grape and wine phenolics: History and perspective. American Journal of Enology and Viticulture 57, 239-248.
- Kliewer, W.M., 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.
- Lakso, A.N., Kliewer, W.M. (1975) The influence of temperature on malic acid metabolism in grape berries. I. Enzyme responses. Plant Physiology 56, 370-372.



- Lavee, S., Erez, A., Shulman, T. (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., Heyman, H. (1998) Sensory evaluation of food, Principles and Practices, Aspen Publishers, Gaithersburg, MD, pp. 341-378.
- Mannini, F., Weaver, R.J., 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.
- Martínez de Toda, F. (2011) Claves de la Viticultura de Calidad. 2ª Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 253 pp.
- Martínez de Toda, F., 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).
- Martínez De Toda, F., Tardáguila, J., Sancha, J.C. (2007) Estimation of grape quality in vineyards using a new viticultural index. *Vitis*, 46 (4):168-173.
- May, P., Clingeleffer, P.R., Brien, C.J. (1976) Sultana (*Vitis vinifera* L.) canes and their exposure to light. *Vitis* 14, 278-288.

- May, P. (2004) Development after fertilisation. In "Flowering and Fruitset in Grapevines". P. May (Ed.) Lythrum Press, Adelaide, pp. 63-72.
- Mescalchin, E., Bottura, M., Cainelli, R., Fellin, F., Gobber, M., Lucin, R., Margoni, M., Mattedi, F., Michelotti, F., Patton, A., Penner, F. Ribolli, F. (2008) Sfogliare precocemente la vite per evitare scottature e botrite. *Informatore Agrario* 17, 39-47.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Encuesta base de viñedo (2009). www.magrama.gob.es
- Morris, J.R., 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., 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.
- Myers, J.K., Wolpert, J.A., 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.
- Observatorio Español del Mercado del Vino. Superficie de viñedo en España (2011). www.oemv.es
- 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.
- Ough, C.S., 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., Silvestroni, O., Petoumenou, D. (2009). Photosynthetic and photoinhibition behavior of two field-grown grapevine cultivars under multiple summer stresses. American Journal of Enology and Viticulture, 60 (2) 189-198.
- Palliotti, A., Poni, S., Berrios, J.G., Bernizzoni, F. (2010) Vine performance and grape composition as affected by early-season source limitation induced with anti-transpirants in two red Vitis vinifera L. cultivars. Australian Journal of Grape and Wine Research 16, 426-433.
- Palliotti, A., Gatti, M., Poni, S. (2011) Early leaf removal to improve vineyard efficiency: gas exchange, source-to-sink balance, and reserve storage responses. American Journal of Enology and Viticulture 62, 219-228.
- Petrie, P.R., 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.

- Peynaud, E. (1996) The taste of wine: The art science of wine appreciation. London. John Wiley and Sons.
- 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.
- Poni, S., Bernizzoni, F., Presunto, P., Rebucci, B. (2004) Performance of Croatina under short-cane mechanical hedging: A successful case of adaptation. American Journal of Enology and Viticulture 55, 379-388.
- Poni, S., Casalini, L., Bernizzoni, F., Civardi, S., Intrieri, 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., Civardi, S., Libelli, N. (2009) Effects of pre-bloom leaf removal on growth of berry tissues and must composition in two red *Vitis vinifera* L. cultivars. Australian Journal of Grape and Wine Research 15, 185-193.
- Pool, R.M., Dunst, D.C., Crowe, H., Hubbard, G.E., Howard, G.E. 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.



- Pool, R.M., Pratt, C., Hubbard, H.D (1978) Structure of base buds in relation to yield of grapes. American Journal of Enology and Viticulture 29, 36-44.
- Porro D., Falcetti M., Bertamini M., Nicolini G., Mattivi F., Iacono F. (1991) Risultati analitico-sensoriali di vini ottenuti dall'utilizzazione di diversi livelli di carica de gemme e di diradamento dei grappoli. Vignevini, 10, 55-59.
- Price, S.F., Breen, P.J., Valladao, M., Watson, B.T. (1995) Cluster sun exposure and quercetin in grapes and wine. American Journal of Enology and Viticulture 46, 187-194.
- 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., Wardle, D.A. (1989) Influence of cluster exposure on fruit composition and wine quality of Seyval blanc grapes. Vitis 25, 85-85.
- Reynolds, A.G., Price, S.F., Wardle, D.A., Watson, B.T., (1994) Fruit environment and crop level effects on Pinot Noir. I. Vine performance and fruit composition in British Colombia. American Journal of Enology and Viticulture 45, 452-459.

- Reynolds, A.G., Molek, T., 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.
- Ridomi, A., Pezza, L., Intrieri, C., Silvestroni, O. (1995) Effects of cluster thinning on yield and quality of Sylvoz-trained cv. Prosecco, *Vitis vinifera* L. *Rivista di Viticoltura e di Enologia* 48, 35-40.
- Saltini A. (1984) *Istoria delle scienze agrarie. Dall'origine al Rinascimento*. Pg. 81 Ed. Edagricole. Bologna.
- Sampaio, T.L., Kennedy, J.A., Vasconcelos, M.C. (2007) Use of microscale fermentations in grape and wine research. *American Journal of Enology and Viticulture* 58, 534-539.
- Shaulis N., Amberg H., Crowe D. (1966) Response of Concord grapes to light exposure and Geneva Double Curtain training. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 89, 268-280.
- Smart, R.E., Robinson, J.B., Due, G.R., 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. (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., Robinson, M. (1991) Sunlight into the Wine: A Handbook for Winegrape Canopy Management. Winetitles, Adelaide, 88 pp.
- Somers, T. C., Evans, M. E. (1974) Wine quality 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.
- Spayd, S.E., Tarara, J.M., Mee, D.L., Ferguson, J.C. (2002) Separation of sunlight and temperature effects on the composition of Vitis vinifera cv. Merlot berries. American Journal of Enology and Viticulture 53, 171-182.
- Staff, S.L., Percival, D.C., Sullivan, J.A., 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., Dickey, D.A. (1997) Principles and procedures of statistic. A biometrical approach. McGraw-Hill Series in Probability and Statistics. 3th Ed.. Boston, Massachusetts.
- Szyjewicz, E., Rosner, N., Kliewer, W. M. (1984) Etephon ((2-chloroethyl) phosponic acid, CEPA) in viticulture-A review. American Journal of Enology and Viticulture 35, 117-123.

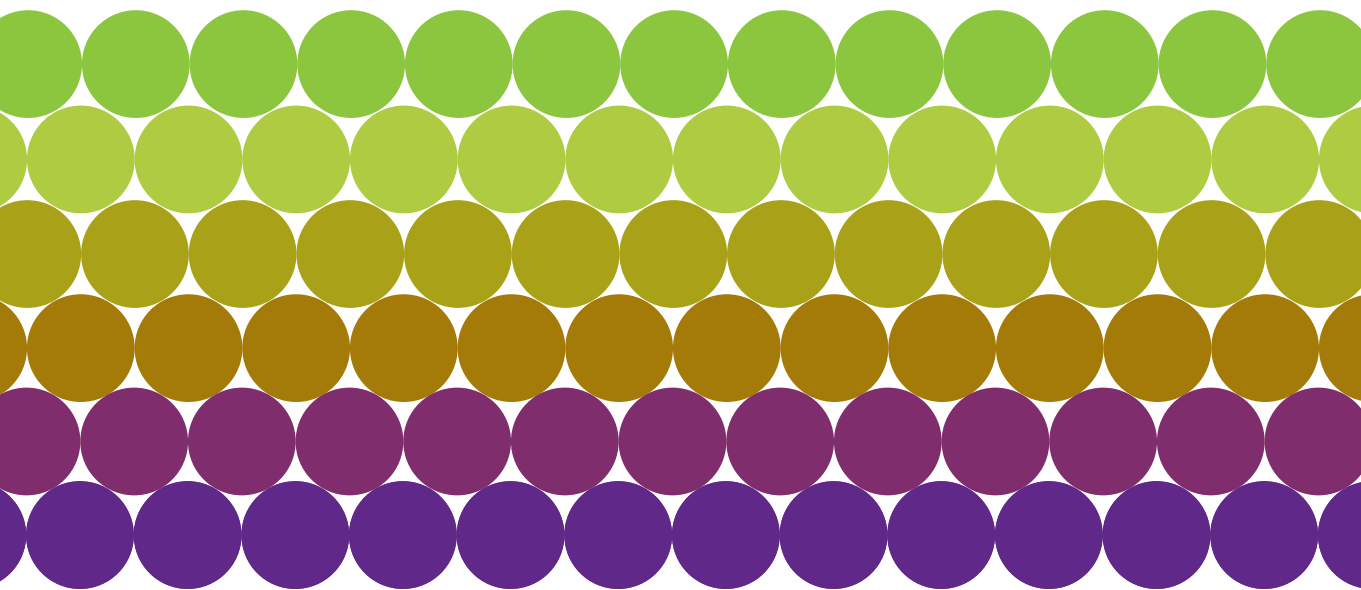
- Tarara, J., Lee, J., Spayd, S.E., Scagel, C.F. (2008) Berry temperature and solar radiation alter acylation proportion, and concentration of anthocyanins in Merlot grapes. *American Journal of Enology and Viticulture* 59, 235-247.
- Tardáguila, J. (2009) La cepa y sus formas. Técnicas de manejo de 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., 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., Martínez de Toda, F. (2007) Assessment of Tempranillo grapes quality in the vineyard by Vitur score-sheet. *Acta Horticulturae*, 754, 213-220.
- Tardáguila, J., Martínez De Toda, F. (2008) Assessment of Tempranillo grapes quality in the vineyard by Vitur score-sheet. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 42, 1, 59-65.
- Tardáguila, J., Petrie, P.P., Poni, S., Diago, M.P., Martínez de Toda, F. (2008) Effects of mechanical thinning on yield and fruit composition of Tempranillo and Grenache grapes trained to a vertical shoot-positioned canopy. *American Journal of Enology and Viticulture*, 59, 412-417.



- Tardáguila, J., Martínez de Toda, F., Poni, S., Diago, M.P. (2010) Impact of Early Leaf Removal on Yield and Fruit and Wine Composition of *Vitis vinifera* L. Graciano and Carignan. *American Journal of Enology and Viticulture*, 61, 372-381
- Tardáguila, J., Blanco, J.A., Poni, S., Diago, M.P. (2012) Mechanical yield regulation in winegrapes: Comparison of early defoliation and crop thinning. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 18, 344-352.
- Tsanova-Savova S., Dimov, S., Ribarova, F. (2002) Anthocyanins and color variables of Bulgarian aged red wines. *Journal of Food Composition and Analysis* 15, 647-654.
- Vilanova, M., Diago, M.P, Genisheva, Z., Oliveira, J.M., Tardáguila, J. (2012) Early leaf removal impact on volatile composition of Tempranillo wines. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92, 935-942.
- Weaver, R.J., Pool, R.M. (1971a) Chemical thinning of grape clusters (*Vitis vinifera* L.). *Vitis* 10, 201-209.
- Weaver, R.J., 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.
- Weyand, K.A., Schultz, H.R. (2006) Regulating yield and wine quality of minimal pruning systems through the

application of gibberellic acid. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 40, 151-163.

- Williams A.A., Langron, S.P., 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.
- Winkler, A. J., Cook, J. A., Kliewer, W. M., Lider, L. A. (1974) *General viticulture*. University of California Press, Berkeley.
- Wolf, T.K., Zoecklein, B.W., Cook, M.K., 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. 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



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**