



Universidad de Valladolid
Campus de Palencia

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

Máster en Ingeniería Agronómica

**VALORACIÓN ANALÍTICA DEL MOSTO Y VINO
DE LA VARIEDAD VERDEJO EN FUNCIÓN DE LA
GESTIÓN HÍDRICA Y AGRONÓMICA APLICADAS**

Alumna: Mónica Ortega Serna
Tutora: Encarnación Fernández Fernández
Cotutores: José Manuel Rodríguez Nogales
Josefina Vila Crespo

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fin de máster se ha realizado en la bodega de la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias , bajo la dirección de Encarnación Fernández Fernández, a quien agradezco permitirme desarrollar este documento y su gran ayuda. Al igual que agradezco a José Manuel Rodríguez Nogales y Josefina Vila Crespo, siempre accesibles ante cualquier pregunta.

Gracias a Miguel Ángel García Esteban por su gran ayuda y disposición en el laboratorio.

Agradezco la aportación del Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACYL), por darme soporte, y en especial a Jesús Yuste Bombín por su dedicación y por la resolución de dudas de forma tan entusiasmada, al igual que a Daniel Martínez Porro por la aclaración de conceptos de forma tan desinteresada.

Gracias al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), por el soporte en el análisis de datos que me proporcionó, y a la colaboración de técnicos del Grupo Yllera.

ÍNDICE	Página
1. RESUMEN	5
2. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	7
2.1. SITUACIÓN.....	8
2.2. ESTRÉS HÍDRICO	9
2.2.1. EFECTOS DEL DÉFICIT HÍDRICO SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA VID	10
2.2.2. COMPOSICIÓN DE MOSTO Y VINO EN FUNCIÓN DEL ESTRÉS HÍDRICO.....	12
2.3. DESHOJADO PRECOZ.....	17
2.3.1. EFECTOS DEL DESHOJADO SOBRE EL CRECIMIENTO DEL VIÑEDO	17
2.3.2. EFECTOS DEL DESHOJADO PRECOZ EN MOSTO Y VINO	19
2.4. DESPAMPANADO.....	20
2.4.1. EFECTOS DEL DESPAMPANADO SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA VID	21
2.4.2. COMPOSICIÓN DE MOSTO Y VINO EN FUNCIÓN DEL DESPAMPANADO	21
3. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO	22
3.1. OBJETIVOS.....	23
3.2. PLAN DE TRABAJO	23
4. MATERIAL Y MÉTODOS	24
4.1. MATERIAL VEGETAL Y TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES.....	25
4.1.1. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	25
4.2. DESARROLLO DE LA VINIFICACIÓN	27
4.3. METODOLOGÍA	28
4.3.1. METODOLOGÍA DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO	28 ^o
4.3.2. METODOLOGÍA DE LA ANALÍTICA DEL MOSTO Y VINO	31
4.4. ANÁLISIS DE DATOS	39
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
5.1. EFECTOS EN LOS PARÁMETROS VEGETATIVOS Y PRODUCTIVOS DEL VIÑEDO DE LA GESTIÓN HÍDRICA APLICADA	41
5.1.1. DESARROLLO VEGETATIVO	41
5.1.2. PRODUCCIÓN DE UVA	42
5.1.3 COMPOSICIÓN BÁSICA DE LA UVA DESPUÉS DE SU MADURACIÓN ..	43
5.2. CINÉTICA FERMENTATIVA DEL MOSTO	44
5.3. EFECTOS EN LOS PARÁMETROS ANALÍTICOS DEL MOSTO DE LA GESTIÓN HÍDRICA Y AGRONÓMICA APLICADA.....	44
5.3.1. TEST MULTIVARIANTE DE LOS PARÁMETROS ENOLÓGICOS DEL MOSTO.....	49
5.4. EFECTOS EN LOS PARÁMETROS ANALÍTICOS DEL VINO DE LA GESTIÓN HÍDRICA Y AGRONÓMICA APLICADAS	50

5.4.1. TEST MULTIVARIANTE DE LOS PARÁMETROS ENOLÓGICOS DEL VINO	52
6. CONCLUSIONES.....	54
7. BIBLIOGRAFÍA.....	56

1. RESUMEN

Estudios recientes han afirmado que existe una gran conexión entre el régimen hídrico del viñedo y la relación entre su superficie foliar y su cosecha, así como en la composición de la uva y del vino.

El objetivo general de este estudio, es averiguar cómo afecta el manejo del riego junto con prácticas agronómicas (deshojado precoz y despampanado) a los parámetros vegetativos y productivos del viñedo, y así como a los parámetros cualitativos de la uva, mosto y vino.

Los experimentos agronómicos se han realizado en 2016 en una parcela de *Vitis Vinifera* L. cv. Verdejo, perteneciente a las bodegas de Grupo Yllera S.L. ubicada en Medina del Campo (Valladolid), dentro de la D.O. Rueda.

La aplicación de riego favoreció el desarrollo vegetativo, el rendimiento y la producción, de modo creciente con el aumento de la dosis, afectando a la composición del mosto de forma variable a través del incremento del peso de baya.

Es recomendable la aplicación de riego moderado para lograr una actividad fisiológica y un desarrollo vegetativo adecuados, que permitan una producción mayor, sin verse afectada la calidad del mosto y vino, agravada debido a los cambios en los patrones climáticos, donde las uvas empiezan a pasificarse cada vez en una época más temprana.

El deshojado precoz y el despampanado son recomendables cuando la maduración se realiza bajo condiciones ambientales adversas, ya que aumenta de forma significativa los sólidos solubles en el mosto y el grado alcohólico del vino.

2. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

2.1. SITUACIÓN

El consumo de vino en España experimentó en 2016 un aumento después de varias décadas disminuyendo, con 18 millones de consumidores habituales de vino, con el tinto en primera posición (67,1%), seguido del blanco (27%) y del rosado (5,9%). Sin embargo, desde hace unos años, se ha detectado un notable incremento en el consumo del blanco, fenómeno que está alterando el mercado del vino.

El nivel de producción de España alcanza los 39,4 millones de hectolitros observándose un aumento de 1,7 millones con respecto a 2015. En los últimos 16 años, la exportación del vino blanco ha crecido del 6,3 % al 9,6 %, y las previsiones indican que continuará al alza (MAGRAMA, 2016).

Esta creciente demanda ha provocado un gran interés en dicho sector por el conocimiento de la producción y las características del cultivo, buscando un mayor rendimiento así como una mejora en la calidad de la uva y por tanto del vino, haciéndolo competir más eficazmente en el mercado.

Hasta la actualidad, la inmensa mayoría de los viñedos en España se han cultivado en condiciones de secano (alrededor de un 70 % del total), donde el abastecimiento de agua de la vid es gobernado enteramente por la lluvia, que suele ser muy irregular y mal adaptada al ciclo vegetativo de la vid.

El clima es el factor más determinante en la producción vitivinícola debido a su influencia en la fisiología de la vid a través de la temperatura, la lluvia, la evapotranspiración potencial, las horas de sol y el viento (Riou y Morlat, 1994), estando la duración del período de crecimiento directamente relacionada con la temperatura del aire, con la humedad del suelo y con las técnicas de cultivo aplicadas al viñedo (Webb et al., 2012).

En los últimos años, el número de días secos por año ha aumentado y esta tendencia probablemente aumentará en el futuro, según los escenarios de cambio global. Algunos de los principales efectos del cambio climático son el aumento progresivo de las temperaturas, la disminución de las precipitaciones y el aumento de largos períodos de sequía (Schultz y Jones, 2010).

Estos cambios en los patrones climáticos provocan considerables impactos en la viticultura, afectando a la fenología del cultivo (Lebon, 2002; Jones et al., 2005). La superficie foliar de la vid puede verse afectada por el cambio climático en diversos aspectos (Yuste, 2011); como un acortamiento de las fases de crecimiento vegetativo de la planta, una anticipación de la parada de crecimiento vegetativo (entre el cuajado y el envero); una reducción del crecimiento y la cantidad de área foliar (dependiendo del régimen hídrico de cultivo); una posible pérdida de pigmentos fotosintéticos por exceso térmico; incremento del déficit hídrico y necesidad más específica de riego; un envejecimiento y caída de hoja más prematuro, etc.

Además, se verían afectados los procesos de maduración de la uva, desacoplándose la madurez tecnológica de la fenólica (Mira de Orduña, 2010; Sadras et al, 2012). A nivel general, se reduciría excesivamente el tamaño y peso de la baya, debido a que la multiplicación celular o la elasticidad celular se verían mermadas, y reduciría el peso de la baya por deshidratación, o incluso se produciría una pasificación al final de la maduración, a causa del déficit hídrico, con una disminución del rendimiento (Yuste, 2011).

En la mayoría de cultivares de *Vitis vinifera* L., las temperaturas elevadas aceleran la síntesis de sólidos solubles totales y el descenso de acidez total (Salazar-

Parra, 2010), retrasando el inicio de las rutas metabólicas responsables de la síntesis de compuestos polifenólicos (Mori et al., 2007). Este escenario ha ido condicionando la fecha de vendimia, que en los últimos decenios, unido también a cambios en las técnicas de cultivo, se ha visto adelantada (Cook y Wolkovich, 2016). Por tanto, se reflejará en una uva y un mosto de una calidad no deseada, no alcanzando el valor óptimo potencial del vino.

Por estas razones, se contempla el riego como un factor predominante en el aumento del rendimiento del viñedo, el cual permitirá hacer un uso eficiente del agua, encaminándose a las necesidades hídricas del viñedo y reduciendo los efectos perjudiciales para el medio ambiente de las prácticas agrícolas actuales, provocando así que los viñedos sean más sostenibles y adaptándolos al cambio climático al que estamos sometidos. Teniendo en cuenta que la variedad blanca Verdejo ha sido poco estudiada hasta el momento, en cuanto a los efectos de diversas estrategias de riego, particularmente en lo que se refiere a la fase de aplicación del mismo durante el verano, resulta muy conveniente el estudio de regímenes hídricos con riego moderado aplicado tanto desde la fase de crecimiento herbáceo de la uva como retrasando el comienzo de dicho riego hasta el inicio del envero, con respecto al cultivo en secano.

Además, es interesante estudiar la interacción de las estrategias de riego a través de indicadores del estado hídrico a nivel del suelo, con otras prácticas agronómicas que regulan la producción, como pueden ser el deshojado precoz y el despampanado, orientadas a la mejora de la calidad de la uva, lo que dará lugar a un aumento de la competitividad, así como de la sostenibilidad en el tiempo.

2.2. ESTRÉS HÍDRICO

El agua es un factor fisiológico esencial para garantizar un adecuado desarrollo y crecimiento de la vid, es una parte esencial en las reacciones químicas y es fundamental para la turgencia de los tejidos, y el estado hídrico del agua depende de las características del suelo y del clima (Van Leeuwen et al., 2004).

Es ampliamente conocido que el crecimiento del viñedo es muy sensible al déficit hídrico (Gómez del Campo et al., 2002; Keller, 2008), resultando muy difícil e impreciso decir cuál es el consumo medio de agua, pudiendo ser aproximadamente de 300 mm anuales.

Si se produce una situación de elevado estrés hídrico para la planta, se reduce la eficiencia de la fotosíntesis, a través de la reducción de la eficacia de los procesos fotoquímicos y el incremento de la disipación de energía luminosa (Flexas et al., 1998 y 1999), que implica una disminución en la asimilación de CO₂. Si ocurre deshidratación por debajo de los niveles críticos, la planta sufriría cambios irreversibles y, como consecuencia, la muerte.

Desde un punto de vista general, la respuesta de la vid a la falta de agua depende de la intensidad con que se produzca, pero hay que considerar que diariamente se producen situaciones deficitarias en agua, ya que se transpira más rápido por las hojas de lo que se absorbe por las raíces y se transporta; las vides se rehidratan por la noche dependiendo del contenido y la tensión del agua en el suelo. Por esta razón, se ven obligadas a regular la apertura de sus estomas. El proceso de transpiración es fundamental en el estado hídrico, y se define como la pérdida de agua en la planta en forma de vapor (Sánchez-Díaz y Aguirreolea, 2000). Además, la vid solventa la falta de agua con un potente sistema radicular que le permite aprovechar la humedad almacenada durante los períodos de lluvia de las capas profundas del suelo;

de esta manera, consigue mantener los fenómenos de fotosíntesis y transporte de savia que le permiten llegar a una correcta maduración (Hidalgo, 2011).

El potencial hídrico de la hoja (Ψ) es el indicador más utilizado para estimar el estado hídrico de la planta. La estimación de las necesidades de agua se puede realizar mediante métodos basados en las medidas sobre el estado hídrico de las plantas, y en medidas del contenido o tensión de agua en el suelo (Lissarrague et al., 1997).

La demanda de agua de la atmósfera se estima con datos meteorológicos a través de la evotranspiración de un cultivo de referencia (ET_o) correspondiente a una cubierta de gramíneas de 8-10 cm que crece sin limitaciones, y es tanto mayor cuanto mayor es la radiación, la temperatura y el viento. Si hay agua suficiente en el suelo el consumo de agua crece también con la cantidad de hojas, y el estado en que se encuentran, con la superficie foliar que intercepta la radiación. El estado de crecimiento del viñedo que determina el consumo del agua y sus necesidades, es el término coeficiente de consumo (K_c). Se decide un K_c para la campaña de riego, y se suele emplear en zonas donde el comienzo del riego coincide con el desarrollo completo del canopy. El principal interés se centra en mantener tasas de fotosíntesis óptimas para garantizar la maduración de la cosecha y retrasar la senescencia de las hojas. El valor de k_c dependerá de los objetivos (mejora de la composición del mosto, aumento de los rendimientos o ligero aumento de tamaño de uva) y del tipo de viñedo. Este coeficiente pondera al anterior parámetro, obteniéndose la evapotranspiración del viñedo, ET_c (Lissarrague et al., 1997).

$$ET_c = ET_o \cdot K_c$$

2.2.1. EFECTOS DEL DÉFICIT HÍDRICO SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA VID

El estrés hídrico puede influir en diversos procesos fisiológicos y de desarrollo, incluyendo el crecimiento (división y expansión celular), fotosíntesis (apertura estomática y funciones ligadas a enzimas como asimilación y respiración), así como otros procesos metabólicos y bioquímicos, provocando modificaciones fisiológicas que eventualmente tendrán un impacto en la producción y la calidad del mosto.

El efecto del estrés hídrico durante el periodo herbáceo en el desarrollo de la uva, que ha sido descrito para diversas variedades y condiciones (Girona et al., 2009, Intrigliolo y Castel 2011; Salon et al., 2005), ha mostrado como resultado una menor síntesis de los ácidos málico y tartárico y una menor tasa de asimilación (De Souza et al., 2005), así como un mayor consumo de ácido málico (De Souza et al., 2005; Spayd et al., 2002). Asimismo, se ha detectado un efecto de reducción del rendimiento en ciertas situaciones, debido en muchos casos a su acción inhibitoria en la diferenciación del racimo según las condiciones (Santesteban et al., 2011). En esta etapa, la planta prioriza el desarrollo vegetativo frente al desarrollo fructífero. Durante esta fase no es frecuente la falta de agua por las lluvias invernales y primaverales que garantizan el abastecimiento del perfil del suelo, de manera que la brotación de la vid y los primeros estados de desarrollo se producen en condiciones de contenido de agua en el suelo próximas a la capacidad de campo. Por otro lado, al inicio del ciclo anual el desarrollo foliar es aún pequeño y dada la marcha de las temperaturas en este período y el régimen de lluvias, la demanda atmosférica es aún baja; todo ello hace que el consumo de agua sea bajo y no sea frecuente la falta de agua, salvo esporádicamente, en años anormalmente secos. Sin embargo, la falta de agua en esta fase es responsable de una brotación irregular, un crecimiento muy ralentizado del pámpano e incluso falta de desarrollo vegetativo.

Generalmente el periodo de estrés hídrico se produce a partir del cuajado, época en la cual el agua disponible en el suelo empieza a escasear en muchas zonas semiáridas, la planta responde reduciendo la actividad fotosintética (Sánchez de Miguel, 2005). Esta merma de capacidad fotosintética de las hojas provoca una mayor dependencia en el tiempo de los pámpanos por las reservas. Por lo que se inicia el riego una vez que el crecimiento del pámpano principal haya parado, con el objetivo de que el riego ayude a mantener una actividad fisiológica adecuada que facilite la síntesis de azúcar y su translocación a las uvas (Intrigliolo y Castel, 2011).

Durante el periodo entre los estados fenológicos de tamaño guisante y envero queda determinado el número de células que van a formar cada uva y la elasticidad de distensión de la pared celular (Ojeda y Deloire, 2001) por tanto, queda condicionado el tamaño potencial de la uva y el rendimiento de la cosecha.

Al igual que en la fase anterior, la disminución de la disponibilidad hídrica afecta a la tasa de fotosíntesis y acelera el envejecimiento de la hoja. Es necesario tener controlado el desarrollo vegetativo sin que la fotosíntesis se vea afectada por lo que será necesario restringir el agua a la planta a niveles de potencial hídrico foliar a mediodía solar y antes del amanecer. El exceso de agua produce un crecimiento vegetativo continuo compitiendo con los racimos y con la inducción flor de las yemas del año en curso, por lo que puede afectar a la tasa de cuajado y a la fertilidad de yemas.

En cuanto a la relación del riego en la maduración de las uvas, Centeno et al., (2010), indica que la mayor o menor disponibilidad del agua puede afectar a la composición del fruto en vendimia, a través del crecimiento vegetativo más o menos intenso de la planta, de la actividad fotosintética foliar y del reparto de fotoasimilados, dependiendo los efectos observados de la fase en que se produce el déficit hídrico, de su severidad e intensidad, así como de la velocidad con que se impone. Un régimen pluviométrico intenso no es favorable, ya que propicia la aparición de enfermedades criptogámicas en las partes verdes y frutos, y puede generar un valor elevado del vigor de los brotes, generando un excesivo rendimiento, llevando a una dilución de los componentes de las uvas, mermando su calidad, y afectando negativamente a las características de los vinos elaborados a partir de las mismas (Esteban et al., 2001).

Las estrategias de prácticas culturales deben estar dirigidas a obtener suficiente vigor, una proporción óptima de área foliar/fruta y un adecuado microclima de hojas y racimos en términos de exposición al calor ya la luz, como el riego deficitario, que en determinadas épocas se ha sugerido como práctica para mejorar la calidad de la uva (Kriedemann y Goodwin, 2004). Se trata de aplicar cantidades de agua moderadas e inferiores a las pérdidas evapotranspirativas de viñedo, ofreciendo posibilidad de reducción del vigor y la competencia por carbohidratos, así como promover un cambio en la partición de fotoasimilados hacia tejidos reproductivos y metabolitos secundarios, tratando de optimizar el tamaño del fruto, la fecundidad y la calidad de la fruta, a través del incremento de la eficiencia en el uso del agua (Baeza et al., 2007).

Diversos trabajos en los que se aplica una estrategia de riego deficitario controlado (Girona et al., 2005) han puesto de manifiesto la conservación de la calidad de los parámetros básicos del mosto, excepto en el color, donde el riego va asociado a una disminución de la concentración de polifenoles totales (Esteban et al., 2001; Garcia- Escudero et al., 2000; Gil y Yuste, 2004). En los viñedos bajo condiciones mediterráneas ha sido una práctica común manejar el déficit hídrico durante las fases finales del desarrollo de la uva (Williams y Matthews, 1990). Se estudiaron los efectos de las estrategias de manejo del riego durante la maduración en la calidad de los

cepas cultivadas (*Vitis vinifera L.*) (Baladí, Airén, Montepila, Muscat Blanc y Petits Grains y Pedro Ximenez) cultivadas bajo la Denominación de Origen "Montilla-Moriles" en Córdoba, España. De 1999 a 2002, se establecieron dos regímenes de disponibilidad de agua: riego deficitario y sin riego, y se observaron diferencias significativas en las fases fenológicas entre los dos regímenes. El índice de Ravaz, el peso de poda, el rendimiento de la viña y el peso de las uvas fueron significativamente mayores en todas las variedades y años bajo riego deficitario.

El mayor peso de poda puede indicar una mayor capacidad fotosintética en las vides irrigadas. Kliewer et al., (1983) encontraron que el peso de la poda era 42% mayor en las vides irrigadas que en las no irrigadas. Las diferencias fueron menos acentuadas aquí, ya que la lluvia en todos los años de estudio fue superior a la media para el área, y el suministro de agua fue suficiente para permitir un desarrollo vegetativo razonable en las vides alimentadas con lluvia. García-Escudero et al., (2000) también encontraron que los pesos de poda eran menores bajo regímenes de riego moderado que bajo regímenes de riego estándar anteriores (García-Escudero et al., 1997).

Aunque en general el riego permite aumentar el rendimiento del viñedo (Yuste 1995), Centeno, 2005 obtuvo dos relaciones dependiendo del efecto año, por lo que todavía hay controversia sobre los efectos positivos y negativos de la práctica de riego de vid en la viticultura tradicional ya que necesita el control de la aplicación de agua, que es difícil de lograr en la práctica (Esteban et al., 2001).

2.2.2. COMPOSICIÓN DE MOSTO Y VINO EN FUNCIÓN DEL ESTRÉS HÍDRICO

La calidad de la uva y por tanto del vino, se rige por la interacción de numerosos factores estrechamente interrelacionados entre sí, de modo que cualquier modificación de factores que involucran aspectos biológicos (variedad, clon, estado sanitario...), físicos (tipo de suelo y su manejo), climáticos (precipitaciones, temperatura...), afectan al proceso fotosintético y a las rutas de síntesis directa e indirectamente relacionadas con el mismo, como es el caso de las sustancias fenólicas (Deloire et al., 2003). Es de vital importancia que su efecto esté íntimamente ligado a las características y localización del viñedo (Valdés et al., 2014 b), variando incluso para el mismo viñedo en función de la climatología actual (Gamero et al., 2014). García-Escudero et al., (2000) observaron que las diferencias varían según la variedad, desde el 10% para Pedro Ximénez hasta casi el 25% para Airén.

Yuste (1995) considera que la comparación entre diferentes ensayos de los efectos del riego sobre la composición de las uvas, se ve dificultada por la enorme variabilidad de factores que influyen en la misma, así como su interacción. Muchos de los efectos negativos de la calidad que se atribuyen al riego, son debidos a un uso irracional o a un desconocimiento de las necesidades hídricas y de la respuesta de la vid, o quizás a no entenderlo como un equilibrio con el resto de los factores.

La cuestión es cuándo y cuánto agua se debe aplicar en un entorno y una variedad, pudiendo llegar a ser más importante para la calidad del mosto, independientemente de la forma de conducción del viñedo (Yuste et al., 2009).

La aplicación de agua durante el período de cuajado- vendimia ocupa un lugar primordial (Ojeda et al., 2002) habiéndose demostrado que las diferentes dosis de riego empleadas, al modificar el estrés soportado por la planta durante ese período, afecta directa e indirectamente, tanto a la velocidad de acumulación de sustancias, como a la cantidad de éstas presentes en la uva en el momento de vendimia. Un suministro de agua deficiente reduce el crecimiento vegetativo, pero asegura una

considerable acumulación de asimilados por uvas (Koundouras et al., 1999). Un pequeño suplemento de agua puede aumentar el rendimiento de la uva, manteniendo o incluso mejorando la calidad (Ferreira et al., 2003). Se asume que la proporción de hollejo es relativamente constante entre diferentes tamaños de uva. De este modo, se presupone que los compuestos que se encuentran en el hollejo, como antocianos y taninos, se diluyen en las uvas grandes debido a una menor relación superficie-volumen (McCarthy, 1997), lo que parece verse corroborado por estudios recientes (Gil et al., 2015). Sin embargo, se ha comprobado que otros factores como la carga productiva, el estado hídrico del viñedo, la superficie foliar y la poda, entre otros, afectan en gran medida a las aptitudes enológicas de la uva (Dai et al., 2011). De hecho, varios estudios contradicen la aseveración formulada anteriormente, indicando que el peso del hollejo se incrementa con el tamaño de la uva en Shiraz y Cabernet Sauvignon (Roby et al., 2004). Otros estudios han demostrado que el riego y la poda afectan a la distribución de tamaño de uva en Cabernet Sauvignon y Merlot (Roby y Matthews, 2004; Shellie, 2010). Esto indica que el modo en el que se alcanzan las diferencias en el tamaño de baya es más importante para la composición de la misma que la propia diferencia de tamaño.

Si el agua se aplica en exceso, puede reducir el color y el contenido de azúcar y producir desequilibrios de acidez en el vino (Esteban et al., 2001). Hepner et al., (1985), aplicando una gama de tasas de irrigación a Cabernet Sauvignon, encontraron que la aplicación de 220 a 320 mm de agua no tenía un efecto marcado en la calidad del vino, mientras que la aplicación de 400 mm provocó un deterioro significativo en la calidad.

En ensayos con cv Tempranillo en los que se realizó el riego deficitario, se observó que junto con un incremento de producción, en los hollejos de las uvas la concentración de sustancias fenólicas aumentó y proporcionaron vinos de mayor contenido alcohólico, mayor contenido de sustancias fenólicas y más intensidad de color que los regados con igual dosis mediante sistema tradicional (Martín et al., 2004; Valdés, 2014a).

2.2.2.1. CONCENTRACIÓN DE AZÚCARES

El contenido de azúcares de las uvas se ve afectado de forma variable por el riego, los pocos estudios que existen sobre el riego en uva blanca muestran que la concentración de sólidos solubles puede tanto aumentar (Naor et al., 1993), como disminuir (Santesteban et al., 2011) o no alterarse (Myburg, 2006), dependiendo de las cantidades de agua aportadas, de la época de aplicación la zona de cultivo o la variedad (Rubio, 2002)

El riego provoca un cierto retraso en el ciclo de maduración, y el contenido en azúcares y sustancias es menor (Vasconcelos et al., 2009). El defecto de agua afecta más al crecimiento de la uva que a la acumulación de azúcares, aunque un estrés severo puede disminuir dicha acumulación, disminuyendo la actividad fotosintética, que condiciona la acumulación de fotoasimilados. Por esta razón, hasta un cierto nivel, el riego suplementario puede incrementar el rendimiento, pero con poco efecto en la concentración de azúcares.

El exceso de agua, hace aumentar el volumen de la uva, con la consiguiente dilución de azúcares. Un retraso en la madurez tecnológica puede atribuirse a la dilución causada por un mayor tamaño de la baya bajo riego, que no siempre es compensado por un aumento en los carbohidratos producidos por la fotosíntesis (Yuste, 1995). Si el aporte de riego durante el periodo de maduración favorece el crecimiento vegetativo, puede provocar un retraso en la acumulación de sólidos

solubles, debido a fenómenos de competencia y sombreado de la zona de fructificación (Williams y Mathews, 1990).

García-Escudero et al., (2004), partiendo de producciones similares en secano para todas las variedades, y con incrementos medios de rendimiento de un 35 % tras la aplicación de riego, obtuvieron que la mejora de la disponibilidad hídrica conllevó a una disminución de la concentración de azúcares, expresado como grado probable del mosto.

En cambio, Naor et al., (1993), exponen que la concentración de azúcares aumentaba en paralelo a la cantidad de agua aplicada, respondiendo de manera más eficaz a la demanda de acumulación las plantas con riego que las cultivadas en secano, las cuales atravesaban por serias dificultades como consecuencia de los elevados rendimientos y del déficit hídrico más severo impuesto durante 1993 (García – Escudero et al., 1997).

En investigaciones en el cv. Tempranillo en Extremadura se ha podido constatar que los aumentos en las dosis de riego implican mayores pesos de la uva, y mostos con mayor contenido en azúcares (Vilanova et al., 2012). Las experiencias llevadas a cabo en el año 1991 con Tempranillo en Aldeanueva de Ebro, confirman que lo decisivo es el momento de aplicación; con dosis moderadas de riego y en condiciones más o menos comprometidas, se puede acumular mayor concentración de azúcares con un régimen hídrico constante a partir de enero hasta vendimia, en vez de interrumpir el riego en el inicio del proceso de maduración. En estas circunstancias, la disponibilidad de agua durante el proceso de maduración, ha sido fundamental para mantener la actividad en la planta a un nivel más satisfactorio, asegurando así una mejor acumulación de azúcares.

A pesar de numerosas investigaciones que confirman una conveniencia de cierto estrés hídrico durante la maduración, con el objetivo de acumular mayor cantidad de azúcares, limitando el crecimiento y el desarrollo inadecuado de la vegetación, no existen muchas evidencias científicas y se necesita seguir estudiando en el tema.

2.2.2.2. PARÁMETROS DE ACIDEZ

Una mejora del estado hídrico puede influir sobre la acidez de la uva afectando tanto a la síntesis y la concentración de ácidos orgánicos como disminuyendo su posterior pérdida por respiración, en particular del ácido málico (De Souza et al., 2005). No obstante, es necesario analizar el origen de los aumentos o descensos de la acidez total para comprender en qué medida el riego modifica este parámetro, ya que por sí solo es difícil comprenderlo. Se trata de la relación tartárico/málico.

El aumento del ácido málico puede asociarse a una mayor concentración al inicio de la maduración, debido a una síntesis más intensa de este ácido durante la fase de crecimiento vegetativo, vía estimulación del vigor, lo que contribuiría a mejorar procesos de acumulación. Además, las cepas irrigadas, al tener pesos de poda mayores, sufrirán menor degradación del ácido málico. La temperatura es el principal factor ambiental que afecta la evolución y concentración del ácido málico en uvas, (se degrada principalmente por procesos de combustión provocados por altas temperaturas). Esto se relaciona con el mejor microclima de luz y calor que tienen los racimos de uva, que están más sombreados y, por lo tanto, están menos expuestos a la radiación solar (Smart et al., 1988). Lo cual puede ayudar a tener en cuenta las concentraciones málicas más altas bajo condiciones de riego en comparación con las condiciones no irrigadas a pesar del efecto de dilución en las vides irrigadas debido al mayor crecimiento de la uva.

Conde et al., (2007) informan que los niveles de ácido tartárico de la uva tienden a mostrar una marcada disminución después del envero, después se estabilizan durante la maduración. Esto puede deberse a las características químicas del ácido tartárico, que es difícil de metabolizar, debido tanto a su resistencia a la combustión a alta temperatura como a su propensión a formar sales que no son degradadas fácilmente por ninguna enzima conocida.

El ácido tartárico no se degrada después del período de acumulación o los procesos de síntesis y degradación están prácticamente equilibrados. Según Aleixandre (1997), la sequía disminuye los niveles de ácido tartárico en las uvas, que vuelven a subir en los períodos húmedos, con la captación de agua, ya que la respuesta se rige por la migración de agua. Los niveles más altos registrados bajo riego, pueden estar asociados con mayores concentraciones de ácido málico al inicio de la maduración, debido a una mayor síntesis. No está totalmente claro cuáles son las condiciones que más favorecen la acumulación de ácido tartárico, pero parece que el aumento del vigor, la productividad y el tamaño de las uvas provocadas por el riego tienen un efecto negativo sobre los niveles finales de ácido tartárico (Lissarrague, 1986; García-Escudero et al., 1997). Champagnol (1986) observó una oposición entre ácido málico y tartárico, el primero de ellos favorecido por el vigor y la producción, mientras que el rendimiento influye negativamente en el segundo de ellos.

Cuevas (2006) comenta que la acidez del mosto y los contenidos de ácido málico aumentan al mejorar la alimentación hídrica de la vid. Rubio (2002) observa este aumento de acidez en un viñedo de la variedad Tempranillo en la D.O. Ribera del Duero. García-Escudero et al., (1997) confirman este aumento.

Los niveles de ácido tartárico en mostos provenientes de parcelas regadas en la variedad Tempranillo, no presentaron diferencias con respecto a mostos de secano, o fueron menores (García-Escudero et al., 2000). Estos resultados coinciden con los hallados por Reynolds y Naylor (1994).

El efecto del riego sobre el pH es variable. Según Hrazdina et al. (1984), los cambios en el pH de las uvas son causados por el metabolismo de los principales ácidos y acumulación de cationes, que transforman los ácidos libres en sus correspondientes sales. La caída de la acidez titulable con el riego, puede ser debida a la dilución de ácidos provocada por el aumento del tamaño de la uva (Yuste et al., 1997). Yuste (1995), indicó por esta razón, que el pH de los mostos procedentes de parcelas regadas de cv. Tempranillo disminuye con el riego. Bartolomé (1993), confirma esta disminución. Mientras que Sipiora y Gutiérrez (1995) observaron un incremento de pH con el riego, por otra parte Hepner et al., (1985) y Mathews y Anderson (1988) no encontraron diferencias.

2.2.2.3. POTASIO

El potasio es el principal catión mineral en las uvas y está implicado predominantemente en la neutralización del ácido tartárico y málico en las bayas, afectando así a la característica ácida de las uvas.

Smart (1995) demostró que el potasio de las partes vegetativas de la vid, principalmente las hojas, se mueve hacia los conglomerados durante todo el período de desarrollo de las uvas. Williams y Matthews (1990) sugieren que esta redistribución de los órganos aéreos a las uvas es menor y que todo el potasio proviene de la absorción de raíz.

Esteban et al., (1999) en estudios de variedades Tempranillo y Airén indican que las parcelas con menor estrés hídrico aumentan el nivel de potasio.

Sin embargo, Matthews y Anderson 1988, no encontraron diferencias en las concentraciones de potasio en los mostos de uvas cultivadas bajo diferentes regímenes de disponibilidad de agua. Esta discrepancia podría quizás atribuirse al hecho de que la cantidad de agua suministrada en su experimento fue menor que en los experimentos anteriores.

El efecto del riego sobre los niveles de potasio aún no ha sido completamente aclarado y el tipo de suelo parece ejercer una influencia considerable. Las condiciones climáticas, sobre todo las precipitaciones, son sumamente importantes, ya que la presencia de agua favorece el transporte de elementos minerales a lo largo de la planta (Esteban et al., 1999). El estrés hídrico puede reducir la absorción de minerales debido al menor crecimiento y actividad de las raíces, por lo que la absorción de potasio puede estar limitada en suelos secos.

2.2.2.4. COMPUESTOS FENÓLICOS Y PARÁMETROS COLORIMÉTRICOS

Algunas investigaciones acusan el descenso de color, al aumento de la producción y del peso y tamaño de la uva, es decir, a la relación pulpa/hollejo, que agrava los fenómenos de dilución (Lissarrague, 1986). Además, el aumento de desarrollo vegetativo alcanzado por las parcelas con riego, puede propiciar un microclima más desfavorable para la biosíntesis de las sustancias responsables del color. Intrieri et al., (2008) afirman que la síntesis de antocianos depende de la iluminación efectiva que reciben las hojas y racimos.

Existen diversas investigaciones que afrontan el problema desde la perspectiva de una competencia entre la prolongación del crecimiento y el fenómeno de acumulación, cuestión relacionada con procesos paralelos de síntesis de sustancias polifenólicas y de azúcares, ya que la acumulación de pigmentos en el envero está directamente relacionada con el metabolismo de carbohidratos.

Las diferencias en el color, pueden reducirse cuando el vigor de la planta se controla más eficazmente. La pérdida de color en el vino está muy influenciada por la variedad de la uva ante el aumento de la disponibilidad hídrica. En un ensayo asociado a la variedad y nivel de antocianos en el vino (Diago, 2010) todas las variedades estudiadas (Tempranillo, Graciano, Garnacha Tinta y Cabernet Sauvignon), sufrieron una disminución significativa del nivel de antocianos en vino al recibir un aporte adicional de agua. Entre las variedades, Garnacha Tinta, se mostró una reducción del contenido de antocianos en torno al 50 %.

2.2.2.5. COMPOSICIÓN AROMÁTICA

La calidad final del vino blanco también depende de la composición aromática de la uva. Los compuestos ligados o precursores del aroma están presentes en la uva como glicosídicos, ácidos fenólicos, ácidos grasos y, en menor medida, compuestos volátiles unidos a la cisteína. Los terpenos se acumulan durante la maduración, preferentemente en forma de precursores inodoros (Wilson et al., 1984), que se encuentran fundamentalmente en el hollejo (Gutana et al., 1985). Estos autores concluyen que los aromas y sabores responden a la manipulación del rendimiento, pero lo hacen significativamente sólo cuando el rendimiento se altera temprano en el desarrollo del fruto.

Diversos estudios han demostrado que el déficit hídrico puede aumentar el potencial aromático de diferentes variedades de vid, conduciendo a vinos con aromas

y sabores más frutados y menos vegetales (Kounduras et al., 2006). Sin embargo, otros estudios en Sauvignon Blanc (Peyrot des Gachons et al., 2005) y Riesling han puesto de manifiesto que un estrés hídrico severo puede afectar negativamente a la concentración de aromas primarios. Estos hallazgos coinciden con los de Vilanova et al., (2012), quienes afirman que la mayor concentración de compuestos volátiles, se encontraban en los tratamientos no regados, fundamentalmente fenoles, volátiles, carbonilados y lactonas. López et al., (2010), constató que el riego deficitario permitía mejorar la percepción global del vino en 4 de 6 variedades estudiadas.

2.2.2.6. AMINOÁCIDOS

Valdés et al., (2014 a, b) hallaron que el régimen hídrico no afectaba significativamente las cantidades de ninguno de los aminoácidos en Moscatel y Airén, ni incidía significativamente sobre el contenido total de aminoácidos en Verdejo ni Cigüete, pero sí afectaba al contenido de algunos aminoácidos individuales, coincidiendo con los resultados de Niculcea et al., (2013).

2.3. DESHOJADO PRECOZ

Es una práctica innovadora, que consiste en suprimir las hojas basales de los pámpanos con el objetivo de regular la producción y mejorar la calidad de la uva. Esta operación se realiza alrededor de la floración. La eliminación de hojas en este momento es capaz de provocar un mayor corrimiento, disminuyendo la transformación de flores en frutos, lo que se traduce en un descenso del rendimiento productivo. Se controla el rendimiento que se basa en la relación funcional entre el potencial productivo y la disponibilidad de azúcares en el momento de floración (Diago, 2010). Se practica sobre la cara de la hilera expuesta al sol saliente o del lado que esté más tiempo a la sombra.

2.3.1. EFECTOS DEL DESHOJADO SOBRE EL CRECIMIENTO DEL VIÑEDO

El control de la producción es a menudo una prioridad en muchas áreas vitivinícolas del mundo, ya que en general permite mejorar la calidad de la uva, para ello se pueden emplear algunas técnicas de cultivo, como el deshojado precoz.

El deshoje afecta directamente la relación hoja-fruta, que en algunos casos resulta en un atraso de la maduración (Petrie et al., 2000; Vasconcelos y Castagnoli, 2000), una mayor exposición de los racimos y permite una mayor aireación de la vegetación en la zona de los racimos lo que reduce la incidencia de enfermedades criptogámicas, principalmente *Botrytis cinerea* y *Oidio* (Tardáguila et al., 2008b). Pence (1991) demostró que se podía reducir el uso de pesticidas, en un 50% aproximadamente con esta operación.

El viñedo tiene la capacidad para compensar la eliminación de hojas con el crecimiento de nietos y estimular a las hojas que quedan para que sean más eficientes. Cuando las hojas se eliminan, la actividad fotosintética individual de las hojas que quedan, normalmente, aumenta (Petrie et al., 2000). Tanto la cantidad de almidón como de sacarosa es mayor en las raíces de las cepas a las que se les ha realizado un deshojado en envero y cuajado. Petrie et al., (2000) pudo demostrar que la cepa tenía la habilidad de compensar la eliminación de hojas incrementando la actividad fotosintética de las hojas restantes hasta un máximo de $12,5 \mu\text{mol CO}_2 / \text{m}^2 \cdot \text{s}$; sin embargo, las cepas en las que se habían eliminado las hojas no alcanzaban el peso seco de las plantas testigo, indicando que el incremento en actividad fotosintética no compensaba la reducción de la superficie foliar.

Intrieri et al. (1997) concluyen que las cepas pueden mantener su actividad fotosintética global incluso si se elimina el 27% de su superficie foliar.

Los efectos benéficos del deshoje sólo se consiguen actuando sobre las hojas basales, las más viejas, cuya actividad fotosintética es débil. Si se hace demasiado pronto y muy severamente, disminuye la superficie foliar en plena actividad produciendo una disminución de la calidad y del rendimiento debido a que se provoca una menor acumulación de azúcares en las uvas. Además puede provocarse la maduración incompleta de los sarmientos acarreado con esto problemas a la hora de elegir la madera de poda. Hunter y Visser (1990) observaron que cuanto más temprano se practicaba, menor era la producción de uva en la variedad Cabernet Sauvignon, mientras que si se practicaba en el envero no se producían diferencias significativas. En cuanto al nivel de deshojado, los mismos autores observaron una mayor reducción del rendimiento con una defoliación del 66% frente a la del 33%. Kloblet et al., (1996) observaron que el deshojado practicado en tamaño guisante en Pinot Noir provocó una reducción del rendimiento, así como una disminución del ° Brix y del pH y un aumento de la acidez del mosto. En cambio, Pence (1991), afirma que cuanto antes se realice el deshoje; más marcados serán sus efectos sobre la calidad y la cantidad de cosecha.

En un estudio reciente sobre el deshojado de la vid, Acimovic et al., (2016) evaluaron el efecto de distintos grados de severidad de deshojado precoz en la variedad Pinot Noir, con el fin de establecer una recomendación en lo que a número de hojas eliminadas se refiere. Los autores observaron que la eliminación de seis u ocho hojas basales era lo más adecuado para reducir la tasa de cuajado de la inflorescencia sin influir negativamente en el rendimiento del viñedo en los años siguientes. Sin embargo, en los primeros trabajos realizados por Poni et al., (2006a, 2006b) se realizó un deshojado precoz de forma manual, sobre dos variedades diferentes Sangiovese plantada en macetas y Trebbiano plantada en campo. La valoración fisiológica efectuada en un año de estudio en Sangiovese indica que la eliminación de seis hojas en pre-floración no provoca diferencias significativas entre los tratamientos ni en la cantidad de asimilación por pámpano. En relación con la fotosíntesis global de la cepa, no encontraron diferencias significativas entre las plantas deshojadas y las plantas testigo.

Los resultados de los ensayos pioneros en España comienzan en el año 2006 en diferentes parcelas de viñedo de las variedades Tempranillo, Garnacha, Graciano, Mazuelo y Maturana Tinta, conducidas tanto en espaldera como en vaso y distribuidas por diferentes zonas de la viticultura riojana (Martínez de Toda et al., 2008; Tardaguila, 2008a; Tardaguila et al. 2008b; Tardaguila et al. 2008c). Los resultados obtenidos demuestran que es posible reducir la producción de uva de un viñedo mediante la operación de deshojado precoz y que, en general, la reducción de la producción es significativa y más intensa para el deshojado en el inicio de floración.

Según Martínez de Toda et al. (2008) es muy importante destacar que, en los efectos sobre la reducción de la producción, no sólo disminuye el peso del racimo y el tamaño de la uva, sino su compacidad por lo que son mayores sus consecuencias sobre la calidad global y, especialmente, sobre el estado sanitario de la uva. Este efecto representa un interés adicional de este deshojado precoz ya que es la única técnica que nos permite actuar sobre dicha compacidad. Acimovic et al., 2016 en su estudio también redujo significativamente el número de uvas y la compacidad del racimo, generando una mejora de la calidad global del fruto, a través de una menor tasa de cuajado.

El manejo de la superficie foliar también nos ayuda a retrasar la fecha de vendimia. Por medio de la realización de deshojados se consigue disminuir la relación superficie foliar/producción de uva (SF/P) y con ello un retraso en la maduración de las uvas, como demuestran Stoll et al., (2010).

Esta operación en verde, puede llegar a ser crítica en estas condiciones de cambio climático, ya que la excesiva exposición de hojas y racimos pueden acarrear problemas serios por exceso térmico. En este sentido, el emplear técnicas no destructivas que reduzcan la capacidad fotosintética de la vid, -sin disminuir la superficie foliar- con el objetivo de retrasar la maduración de la uva logrando que ésta no quede expuesta a la radiación solar, sería muy ventajoso.

2.3.2. EFECTOS DEL DESHOJADO PRECOZ EN MOSTO Y VINO

Diversos estudios han demostrado una mejora en la calidad del fruto y un aumento de diversos compuestos aromáticos libres y glicosilados en vinos elaborados con uvas procedentes de viñedos en los que se realizó deshojado.

Tardáguila et al. (2008b) mostraron que la época de deshojado puede condicionar los resultados finales. Así, estos autores observaron que el deshojado en cuajado mejoraba significativamente la composición físico-química y las características organolépticas de los vinos, tanto en color como aroma, respecto al deshojado realizado en enero.

En otras experiencias en La Rioja, con despuntes severos en los pámpanos después del cuajado y réplicas en los nietos de aquellos ensayos con más vigor, se llegó a detectar retrasos en el envero de casi veinte días y niveles más bajos de sólidos solubles, pH, sustancias fenólicas y rendimiento. También se observó que si la SF/P se mantenía superior a 0,5 m²/ kg no tenía impacto negativo en la vid al siguiente año (Martínez de Toda y Balda, 2014).

2.3.2.1. AZÚCARES Y ACIDEZ

El aumento de la exposición a la luz en los racimos aumenta la temperatura, lo que provoca una mayor descomposición de ácidos (tartárico y málico), así como la transformación de ciertos ácidos en azúcares, con un aumento de éstos, variando por tanto la relación acidez/azúcar del mosto. Diversos estudios realizados en Sauvignon Blanc en la región de Napa Valley (USA) demostraron que, con la eliminación de hojas basales, se conseguía aumentar los azúcares, debido a que se aumentaba la temperatura de las uvas (Kliewer et al., 1988). En climas frescos un pequeño aumento de temperatura puede ser significativo en la acumulación de azúcares, más acentuados en años fríos y cuando los racimos reciben muy bajos niveles de radiación (Bledsoe et al., 1988).

La composición de la uva en los primeros trabajos realizados por Poni et al., (2006) mejoró en las cepas deshojadas (mayor cantidad de azúcares tanto en Sangiovese como en Trebbiano).

Diago (2010), observó un incremento significativo de la concentración de azúcares de la uva y de mosto a través de la mejora del ratio superficie foliar/fruto, una capacidad fotosintética más eficaz de las hojas que quedan en la cepa y una mayor translocación de carbohidratos después de practicar el deshojado. La respuesta de la acidez al deshojado precoz no se presentó regular (Diago, 2010).

García Escudero et al. (2004) aseguró en un estudio que el deshojado precoz marcaba un incremento significativo del pH respecto al testigo, que será imputable al aumento del nivel de potasio en mostos procedentes de parcelas objetos de control del rendimiento, y que se podría justificar por la variación de la relación entre componente vegetativa y productiva.

2.3.2.2. COMPUESTOS FENÓLICOS Y PARÁMETROS COLORIMÉTRICOS

En variedades tintas, diversos autores (Poni et al., 2006; Diago, 2010) han observado con la práctica del deshojado precoz una mejora del contenido en diferentes compuestos fenológicos.

En climas frescos el aumento de la exposición de los racimos puede aumentar el color de las bayas (Bergqvist et al., 2001). Tárdaguila et al., (2009a) observaron una mejora de la aireación y exposición de los racimos, así como una mejora en el color y concentración polifenólica de los vinos, favorecido por una mejor iluminación.

Tárdaguila et al., (2009a) observaron tanto en Sangiovese como en Trebbiano, una mayor cantidad de antocianos y polifenoles en Sangiovese y no sólo por la mayor relación hoja/fruto sino, también, por un incremento en la relación hollejo/pulpa de los tratamientos deshojados.

2.3.2.3. COMPOSICIÓN AROMÁTICA

En los estudios realizados por Arnold y Bledsoe (1990), se pudieron encontrar diferencias en los vinos con el deshojado, reduciendo los dos aromas vegetales (a apio fresco y a guisantes enlatados) característicos del Sauvignon Blanc al igual que el gusto vegetal en la boca. La mayor reducción en los componentes vegetales se encontró en los tratamientos a los que se les había eliminado mayor cantidad de hojas. También se demostró que no depende tanto de la intensidad de la operación de deshojado sino del momento en que se realiza, eliminando mayor cantidad de aromas vegetales cuanto antes se realice el tratamiento. Por el contrario, no se pudieron encontrar diferencias significativas a la hora de la intensidad aromática de los aromas afrutados.

Diversos estudios han demostrado una mejora en la calidad del fruto y un aumento de diversos compuestos aromáticos libres y glicosilados en vinos elaborados con uvas procedentes de viñedos en los que se realizaron tratamientos de deshojado (Diago et al., 2010).

En los primeros estudios sobre el deshojado precoz (floración y cuajado) realizados en variedades blancas por Vilanova et al., (2014) en Albariño y Loureira, han mostrado un aumento en la concentración de compuestos volátiles en uva y vino.

También, se han obtenido resultados contradictorios en el nivel de compuestos aromáticos en función de la variedad sobre la que se aplica el deshojado precoz (Diago et al., 2010).

2.4. DESPAMPANADO

El despampanado es una de las operaciones en verde más frecuentemente utilizada en la práctica vitícola, que consiste en eliminar el extremo de los pámpanos en crecimiento cuando superan por más de 40 cm el nivel del último alambre.

Se trata de una poda donde se deja una cantidad conveniente de yemas por planta, conforme a su capacidad y vigor, que originará un crecimiento armónico de brotes y racimos (Poni, 2004). Tiene como aplicación más inmediata el control del exceso de carga real, puesto que la carga potencial es establecida a través de las yemas dejadas en la poda de invierno, mientras que el número de brotes definitivo, que determina la carga real, queda definido después de la brotación (López-Miranda et al., 2004). La regulación de la densidad de pámpanos se puede alcanzar de manera directa y eficaz a través del despampanado, estableciendo la distancia deseada entre pámpanos que permanecen en la cepa.

2.4.1. EFECTOS DEL DESPAMPANADO SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA VID

La disminución de la densidad de pámpanos que permanecen en la cepa facilita la aireación y la penetración de la luz en el conjunto de la superficie foliar, permitiendo la mejora de las condiciones microclimáticas de ésta (Ribéreau-Gayon et al., 2003). Desde el punto de vista aplicado, facilita la mecanización y la aplicación de tratamientos fitosanitarios o de cualquier otra índole. Además facilita la circulación o tránsito por el interfoliar y favorece la aireación e iluminación de los racimos lo cual previene ataques de oídio y podredumbres (Pence, 1991).

Tardáguila et al.,(2008 b), afirman que en situaciones de viñedos vigorosos, con problemas para alcanzar buena madurez, realizar un despampanado durante el período de crecimiento de las uvas hasta cuando las mismas hayan alcanzado el tamaño de grano de arveja, estimula el desarrollo de feminelas y por consiguiente de hojas jóvenes y más activas. Esto permite aumentar la capacidad fotosintética del follaje y, por consiguiente, la producción de sacarosa durante la maduración de los racimos. Si se realiza más tarde las hojas no tendrán a tiempo el desarrollo suficiente. Sin embargo, el aumento de la actividad en las hojas que permanecen en la viña no siempre compensa la de las hojas eliminadas, por lo que debe tenerse precaución de no dejar menos de 10 hojas por encima de la posición del racimo más elevado (Hidalgo, 2011). Además, queda demostrado, que repetidos despampanados realizados en un mismo ciclo y sobre todo en momentos que no son los adecuados, generan un desequilibrio vegetativo contraproducente debido a la fuerte competencia entre el crecimiento de nuevos brotes y el desarrollo de los racimos. Esta situación acarrea graves efectos sobre la calidad y cantidad de la cosecha, así como provoca un debilitamiento progresivo de la planta, que se acentúa con los años. Es de vital importancia realizarlo en su oportuno momento, -con bayas de tamaño de grano de arveja-, en casos especiales de viñedos con extremo vigor para garantizar una buena maduración de los frutos, y aprovechar su efecto desvigorizante.

2.4.2. COMPOSICIÓN DE MOSTO Y VINO EN FUNCIÓN DEL DESPAMPANADO

Las prácticas de cultivo que vayan dirigidas a obtener una mayor exposición del racimo, pueden suponer una modificación en la composición aromática de la uva y del vino (determinado por diversas familias de compuestos como son los monoterpenos, C13- norisoprenoides, alcoholes, compuestos en C6, ácidos volátiles, ésteres, acetatos y fenoles volátiles) (Otero, et al., 2006). 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.

Sin embargo, no existen numerosos estudios que relacionen el despampanado con la composición del mosto y del vino.

3. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

3.1. OBJETIVOS

El objetivo general de este estudio, es optimizar la gestión hídrica y agronómica de la variedad blanca Verdejo a través del manejo de riego frente al cultivo de secano, con el efecto combinado de prácticas agronómicas, como son el deshojado precoz y el despampanado, para aumentar la calidad del mosto y el vino blanco, mejorando la eficiencia del uso del agua. Este objetivo principal; se puede desglosar en los siguientes objetivos específicos:

- Conocer la época y la dosis de riego más adecuada, para obtener las características de mosto y vino deseadas, además de la adaptación de dichos sistemas productivos al cambio climático, y ayudar a la sostenibilidad del sector vitivinícola, mejorando su competitividad.
- Conocer la influencia que la variación de la época de riego deficitario ejerce sobre el desarrollo vegetativo y productivo del viñedo, con respecto al cultivo del secano.
- Evaluar las posibilidades y efectos combinados del riego y el secano con técnicas agrícolas, con vistas a regular el equilibrio entre la calidad de la uva y mosto y vino.

3.2. PLAN DE TRABAJO

Para realizar este trabajo, se han llevado a cabo diferentes fases:

- **Revisión bibliográfica**
Se ha realizado la búsqueda de información, principalmente proveniente de publicaciones científicas, con el fin de obtener información sobre la valoración analítica del mosto y el vino de la variedad Verdejo producido en función de la gestión hídrica y agronómica aplicada, y los resultados y conclusiones a las que han llegado diversos autores.
- **Respuesta agronómica y cualitativa**
Se han medido; parámetros de producción y de desarrollo vegetativo, y parámetros básicos de calidad de la uva, del mosto y del vino.
- **Vinificación y control analítico**
Para llevar a cabo el estudio, se procedió a la elaboración de 12 vinos, con sus respectivas medidas analíticas.
- **Estudio y discusión de los resultados obtenidos**
Con el fin de estudiar las diferencias entre los diferentes mostos y vinos, se empleó el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI.1 (Statpoint Technologies, Inc., Warrenton, USA). Con este método, se aplicaron técnicas de análisis univariantes y multivariantes.
- **Elaboración de un documento con formato de estudio científico**
Se redactó el presente trabajo con el objetivo de reunir toda la información obtenida, los resultados y las conclusiones a las que se ha llegado.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. MATERIAL VEGETAL Y TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES

4.1.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

Los experimentos agronómicos se han realizado en una parcela de *Vitis Vinifera* cv. Verdejo, perteneciente a las bodegas de Grupo Yllera S.L. ubicada en Medina del Campo (Valladolid), dentro de la D.O. Rueda. El viñedo está conducido en espaldera con poda en cordón Royat bilateral y marco de plantación de 2,6 x 1,25 m.

El trabajo se enmarca dentro de los ensayos experimentales del Proyecto, financiado por INIA, RTA00049-C05-01.

El ensayo experimental se diseñó siguiendo el modelo split-plot con una distribución aleatoria en bloques del factor principal, con cuatro repeticiones. En cada unidad experimental, se mantuvo intacta la carga de racimos en la mitad de las filas, consideradas testigo, y realizando el deshojado precoz o el despampanado de racimos en la otra mitad de las filas, según corresponda. Estas, a su vez rodeadas por una fila de cepas a cada lado para efecto borde, para eliminar la posible influencia entre cepas contiguas de distintos tratamientos.

Las parcelas están distribuidas al azar, para que ni los factores edáficos ni las propias cepas influyan en los datos y conseguir que los resultados sean lo más homogéneos posibles. Los tratamientos experimentales son los expuestos en la Tabla 1:

Tabla 1. Tratamientos realizados en el estudio

Tratamientos de riego	Tratamientos de control vegetativo (T/D)
S0	S0- Testigo (S0T) / S0- Deshojado (7- 8 hojas) (S0T)
R1	R1- Testigo (R1T) / R1- Despampanado (10 brotes) (R1D)
R2	R2- Testigo (R2T) / R2- Deshojado (7- 8 hojas) (R2D)

S0: Secano (0,00 ETo).

R1: Riego desde el envero hasta el final de la maduración (0,30 ETo).

R2: Riego desde el tamaño guisante de la baya hasta el final de la maduración (0,30 ETo).

El riego se inició en el tratamiento R1 el 16 de Agosto, suministrando una cantidad total de agua por goteo de 73 mm, mientras que en el tratamiento R2 comenzó el 12 de Julio y se aplicó una cantidad de 136 mm de riego.

El canopy es guiado empleando un alambre fijo, 30 cm por encima del alambre de formación, y dos pares de alambres móviles para guiar la disposición de los pámpanos, conformando aproximadamente un paralelepípedo de sección rectangular a medida que la vegetación crece.

Se ha ejecutado una rigurosa poda en verde, para mantener el mismo número de brotes por planta, priorizando los pámpanos fértiles en los pulgares.

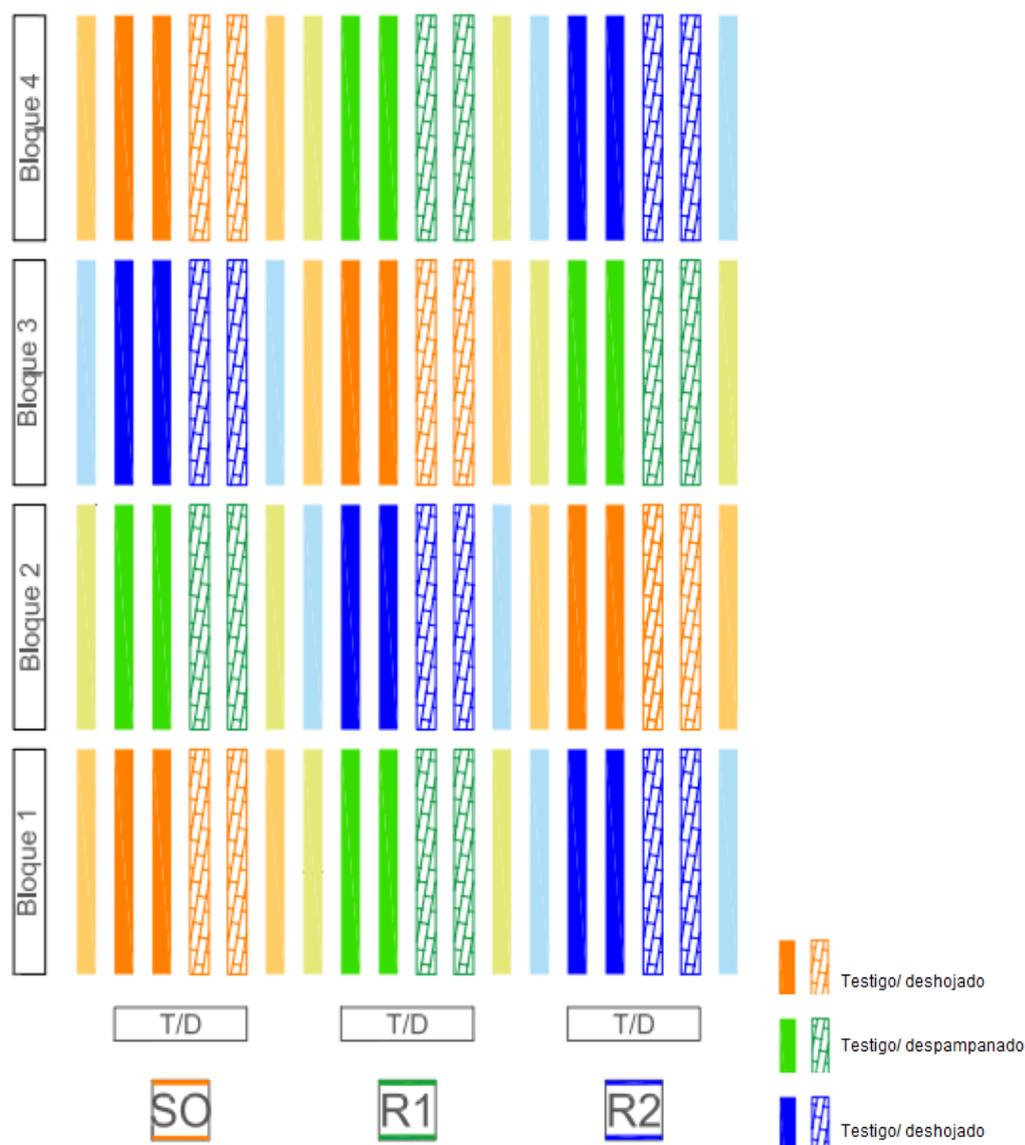


Figura 1. Diseño experimental

Croquis del ensayo: **S0** es el tratamiento de secano, **R1** es el tratamiento regado al 30 % de la ETo a partir del envero y **R2** es el tratamiento regado al 30% de la ETo desde la parada de crecimiento vegetativo de los pámpanos principales; hasta vendimia en ambos casos.

Cada parcela experimental se dividió en dos subparcelas de izquierda a derecha, **T** (t1 y t2) son las 2 cepas testigo en todos los tratamientos, **D** (d1 y d2) las 2 cepas con un deshojado precoz (en S0 y R2), **D** (d1 y d2) en R1, son las cepas con un despampanado.

4.2. DESARROLLO DE LA VINIFICACIÓN

Se recibió la uva procedente del ensayo en la bodega experimental de la ETSIIAA de Palencia perteneciente a la Universidad de Valladolid y se realizó la vendimia de forma manual de acuerdo con la siguiente clasificación (Tabla 2):

Tabla 2. Vinificaciones según la cepa de origen y el tratamiento hídrico

Tratamiento de riego	Prácticas agrícolas			
	t1 y t2	t3 y t4	d1 y d2	d3 y d4
S0	S0T1	S0T2	S0D1	S0D2
R1	R1T1	R1T2	R1D1	R1D2
R2	R2T1	R2T2	R2D1	R2D2

Posteriormente, se procedió a realizar las 12 vinificaciones (2 vinificaciones por cada tratamiento de campo), siguiendo el diagrama de flujo de vinificación en blanco (Figura 2).

El despalillado y el estrujado de la vendimia se realizó en una despalilladora de paletas de acero inoxidable y en una estrujadora de rodillos de perfiles conjugados y estriados. Seguidamente, se procedió al prensado de la uva, utilizando para ello una prensa horizontal de membrana parietal durante un ciclo de 1,5 bares.

Tras el encubado se sulfitó el mosto a 50 mg/L de SO₂ total, para el posterior desfangado estático por frío (8 °C), durante 24 horas.

Después de realizar un trasiego para eliminar los fangos, se encubaron las vinificaciones por separado en depósitos de acero inoxidable y se realizaron por duplicado las siguientes analíticas completas del mosto: nitrógeno fácilmente asimilable (NFA), grado Brix, pH, acidez total, índice de polifenoles totales (IPT), familias fenólicas (ácidos hidroxicinámicos, flavonoles, pardeamiento) y color (absorbancias (abs.) a 450, 520, 570 y 630 nm).

Posteriormente, se sembraron en el mosto levaduras neutras comerciales. La cepa utilizada fue *Saccharomyces cerevisiae* LALVIN EC 1118 (Lallemand, Quebec, Canadá), utilizando la dosis recomendada de 30 g/HL.

El seguimiento de la fermentación alcohólica se realizó diariamente midiendo densidad y temperatura, realizando un bazuqueo para facilitar la fermentación de los 12 depósitos de mosto. Cuando las densidades se estabilizaron sobre los valores comprendidos entre 0,990 y 0,995 g/dm³ se realizaron los análisis de azúcares reductores y cuando fueron menores de 3 g/L se dio por terminada la fermentación. Se trasegó el vino a nuevos depósitos y se añadió sulfuroso hasta conseguir llegar a 30 mg/L de SO₂ libre. Posteriormente se realizó una estabilización tartárica por frío en la cámara de refrigeración a 4 °C. Una semana más tarde se volvió a trasegar el vino para eliminar los tartratos precipitados y se comprobó el sulfitado, corrigiendo aquellos vinos por debajo de 30 mg/L de SO₂ libre.

Terminada la fermentación se realizaron las siguientes analíticas físico-químicas completas del vino: acidez total, pH, acidez volátil, sulfuroso libre y total, extracto seco, grado alcohólico, IPT, familias fenólicas y color. (OIV 2014).

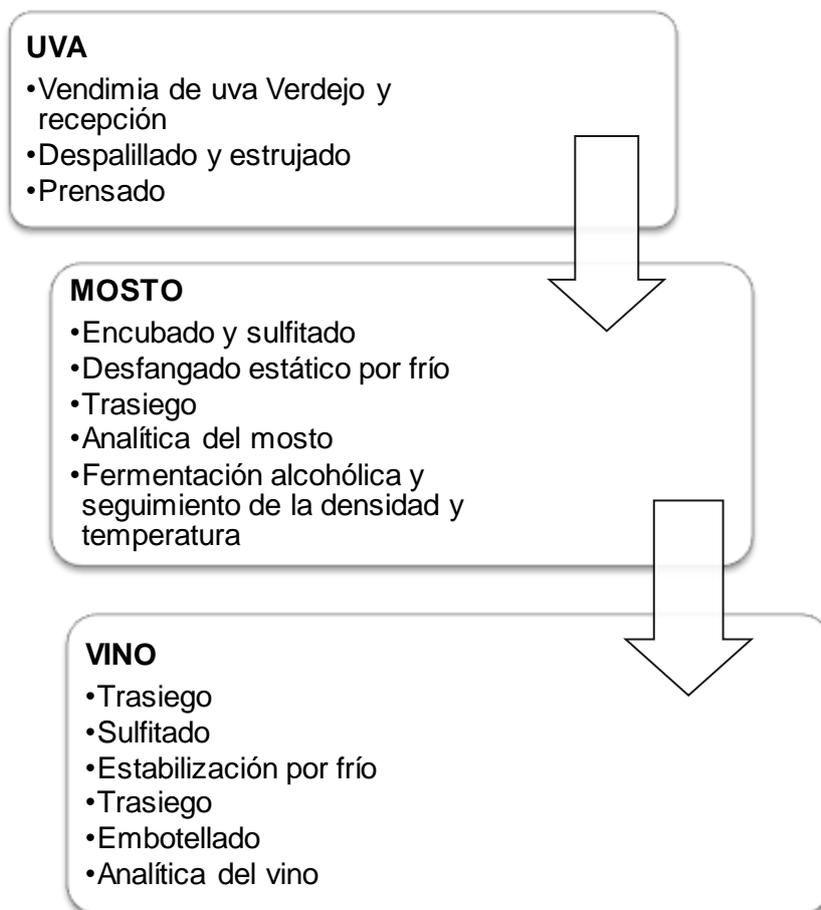


Figura 2. Diagrama de flujo de vinificación.

4.3. METODOLOGÍA

4.3.1. METODOLOGÍA DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO

Para conocer la respuesta agronómica y cualitativa del viñedo, se han medido la productividad y el rendimiento del mismo, y se han utilizado técnicas analíticas para conocer la composición de la uva al final de la maduración. Estos parámetros se determinaron por el método de Point Quadrat, (Smart y Robinson, 1991). Todas las determinaciones se han realizado por duplicado.

4.3.1.1. PARÁMETROS PRODUCTIVOS

- **Peso de baya y peso del racimo, número de uvas y de racimos por cepa**

El peso de la baya (kg/cepa) se obtiene a partir del muestreo de 100 bayas por parcela, tomadas aleatoriamente de entre todos los racimos de las cepas, debidamente depositadas y etiquetadas en bolsas de plástico y, pesadas posteriormente en una balanza de precisión.

El **peso medio del racimo** de cada cepa se calcula de forma indirecta como el cociente entre el peso total en gramos de la uva de cada cepa y el número de racimos de la misma, contabilizados en el momento de la vendimia.

El **número medio de uvas por racimo** se obtiene a través del cociente entre el peso medio del racimo y el peso medio de la baya.

- **Productividad global**

La evaluación de la productividad global del viñedo y su distribución se lleva a cabo determinando la cantidad y el reparto de la materia seca en cada órgano.

Para averiguar la materia seca, se mide el peso fresco y posteriormente se estima su coeficiente o porcentaje de materia seca, desecando las muestras en una estufa a 105°C, hasta alcanzar peso constante. Las muestras utilizadas fueron:

- Hojas: Son las empleadas previamente para establecer la correlación entre la superficie foliar de la hoja y la longitud del nervio principal.
- Racimos: Dos racimos al azar de cada parcela experimental, recogidos tras la vendimia.
- Racimas: Se escogen similar a dos racimos medianos, de cada parcela experimental, recogidas pasada la vendimia, pero antes de la pasificación.
- Sarmientos: Dos sarmientos completos de cada repetición, recogidos en la poda en seco.

4.3.1.2. DESARROLLO VEGETATIVO

- **Número de sarmientos por cepa**

El número de sarmientos por cepa se mide por conteo directo.

- **Peso de madera de poda**

Antes de proceder a podar cada planta se cuenta el número de sarmientos que presenta. La madera obtenida individualmente por cepa control se pesa mediante una báscula portátil. Posteriormente se calcula el peso medio de madera de poda (PMP) (kg/cepa) de cada repetición de los tratamientos experimentales.

- **Vigor del sarmiento**

El peso del sarmiento se obtiene indirectamente, mediante el cociente entre el peso de madera de poda y el número de sarmientos de cada planta de control.

- **Índice de Ravaz**

Se utiliza para evaluar el equilibrio entre la producción de uva y el desarrollo vegetativo; se calcula mediante el cociente entre el rendimiento de uva (g/m^2) y el peso de madera de poda (g/m^2). Se calcula en todas las cepas del ensayo y posteriormente se hace la media para el conjunto.

- **Área foliar total**

El área foliar total de un cultivo se expresa a través del índice del área foliar, LAI (Leaf Area Index), que representa la superficie foliar total desarrollada por las plantas, en m^2 por m^2 , de superficie de suelo (Carbonneau, 1987). Para determinar el LAI se empleó el método de Sánchez de Miguel et al., (2011).

Para ello se mide la superficie foliar de una de cada tres hojas fotosintéticamente activas (con longitud de nervio principal igual o superior a 5 cm) a través de la correlación entre la longitud del nervio principal y su superficie. Posteriormente, la superficie obtenida de dicha medida se multiplica por tres para obtener la superficie foliar total del pámpano (Carbonneau, 1976b).

Para establecer la correlación entre ambos parámetros, superficie y longitud, previamente se tomó una muestra aleatoria de hojas. Se realiza un muestreo tomándose 20 hojas de cada tamaño y de cada tratamiento de riego.

Posteriormente a través de una regresión cuadrática entre la longitud del nervio principal y la superficie de la hoja, se calcula o estima el área foliar total por cepa.

$$A=23,543L-99,071 \quad R^2=0,9317$$

A=área foliar (cm²), L=longitud del nervio principal (cm)

- **Superficie foliar externa**

Para determinar la cantidad de superficie foliar que puede recibir radiación solar directa se calcula la superficie foliar externa de la cepa (SA). En un viñedo en espaldera con la vegetación adecuadamente colocada, se asume que el canopy tiene forma de paralelepípedo. Por tanto, la superficie foliar externa se calcula midiendo sus dimensiones.

La expresión del índice representativo es en m² de superficie foliar externa por m² de suelo, siendo, por tanto, un índice adimensional. En las mismas plantas empleadas para determinar el LAI se mide la SA, tomando valores de la anchura de vegetación en tres puntos distribuidos a lo largo del cordón, así como la altura total de vegetación en cada uno de ellos.

La determinación de las dimensiones del paralelepípedo se hizo mediante la medida de la anchura de vegetación en la zona de racimos y en la zona media y superior del canopy.

Para el cálculo del índice SA se empleó la siguiente fórmula (acorde con el marco de plantación: 2,6 x 1,25 m):

$$SA = (\text{Anchura media} \times 1,25) + (\text{Altura media} \times 1,25 \times 21,25 \times 2,6)$$

4.3.1.3. COMPOSICIÓN BÁSICA DE LA UVA DESPUÉS DE SU MADURACIÓN

Los componentes del mosto se determinaron en muestras de 100-150 bayas íntegras de racimos de todas las partes del canopy y de todas las posiciones del racimo de cada parcela elemental durante la fase final de maduración hasta la vendimia. Las bayas se trituraron y centrifugaron. A continuación se relacionan los métodos analíticos empleados, teniendo en cuenta que, las técnicas utilizadas son las establecidas por la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV, 2014):

- **pH**

Se midió empleando un pH-metro CRISON micropH 2001.

- **Ácido tartárico**

Se determinó mediante un método de análisis enzimático en un autoanalizador Boehringer Mannheim, (TH, g/L).

- **Ácido málico**

Se midió mediante un método de análisis enzimático en un autoanalizador Boehringer Mannheim, (MH₂, g/L).

- **Potasio**

Se determinó mediante fotometría de llama, midiendo en mosto diluido (1:250), (K⁺, ppm).

4.3.2. METODOLOGÍA DE LA ANALÍTICA DEL MOSTO Y VINO

Las técnicas son las establecidas por la OIV (OIV 2014). Cada muestra se analizó por duplicado, tomando como resultado final el promedio de ambas determinaciones.

- **Temperatura**

Fundamento

En la actividad enológica es imprescindible la medida directa de la temperatura de mostos y vinos mediante termómetros para controlar la temperatura del medio fermentativo, y para corregir la masa volúmica a 20 °C -fundamental en la obtención de datos como el extracto seco- o la concentración de azúcares en ° Brix.

Materiales y reactivos

- Termómetro contrastado.

Método operativo

El método para medir la temperatura es directa mediante un termómetro.

- **Masa volúmica a 20 °C (método aerométrico)**

Fundamento

El densímetro se introduce gradualmente en el líquido para que flote libremente y verticalmente. A continuación se lee directamente en la escala la densidad específica en el punto en el que la superficie del líquido toca el cilindro del densímetro (García et al., 2000).

Materiales y reactivos

- Aerómetro específico (densímetro).
- Termómetro contrastado.
- Probeta de 250 mL.

Método operativo

La determinación de la masa volúmica se halla afectada por la temperatura del mosto. Por esta razón las determinaciones aerométricas deben realizarse a 20 °C, o bien utilizar un factor de corrección de la masa volúmica tabulada en función de la temperatura (c), según la fórmula siguiente:

$$\rho_{20\text{ °C}} = \rho_t + c$$

- **pH**

Fundamento

Medida de la diferencia de potencial entre el electrodo de referencia y el de lectura de pH propiamente dicho sumergidos en el mosto o vino (García et al., 2000). Se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno:
 $\text{pH} = -\log [H^+]$

Materiales y reactivos

- pH metro.
- Electrodo y sonda de temperatura.
- Soluciones tampón.
- Agua destilada.
- Vaso de precipitados.

Método operativo

Se conecta el electrodo y sonda de temperatura y se calibra el Ph metro. Se introduce el electrodo y sonda en la muestra a medir y aparece la lectura de pH en la pantalla.

• **Nitrógeno fácilmente asimilable (NFA)**

Fundamento

El término "nitrógeno asimilable" incluye los aminoácidos y el amoníaco que son las formas nitrogenadas indispensables para la nutrición de levaduras. En este estudio, se empleó el método Aerny J., (1998).

Material y reactivos necesarios

- Reactivos de hidróxido sódico (NaOH) de 1N, N/10 y N/100 de concentración.
- Aldehído fórmico.
- Vaso de precipitados, pipeta Pasteur y bureta.

Método operativo

En un vaso de precipitados se vierten 25 mL del mosto a tratar, y se neutraliza la muestra con hidróxido sódico N/10 hasta que el color vire a azul verdoso. Se vierte en tubos Falcon enrasando a 50 mL con agua destilada. Las muestras se centrifugan a 4000 revoluciones por minuto (r.p.m.) durante un período 5 minutos. Del filtrado se toman 25 mL y se vuelve a medir el pH, y si no es de 8, se vuelve a corregir con NaOH 0,01N con ayuda de una pipeta Pasteur.

Se añaden 6,25 mL de formaldehído al 35% de concentración. Se agita y se esperan 15 minutos para que reaccionen. Se lleva a pH 8 con hidróxido sódico de 0,1 N y sea "n" el volumen que gastamos de este.

Para averiguar el N.F.A se lleva a cabo la siguiente operación:

$$\text{N.F.A. (mg/L)} = n \times f (\text{NaOH}) \times 112$$

En el caso de obtenerse valores de N.F.A. inferiores a 150 - 200mg/L, será preciso corregir el mosto con sustancias nitrogenadas autorizadas.

• **Grado alcohólico probable en un mosto (medida con refractómetro)**

Fundamento

El Porcentaje Brix (%) se calibra a la cantidad de gramos de azúcar contenidos en 100 g de solución de azúcar. Así, al medir una solución de azúcar, Brix (%) debe ser perfectamente equivalente a la concentración real.

Materiales y reactivos

- Refractómetro provisto de una escala que indique el porcentaje en masa de sacarosa.
- Pipeta Pasteur.

Método operativo

Se coloca, empleando una pipeta, unas gotas de la muestra en el prisma inferior del refractómetro. Como el ° Brix y el "n" sufren variaciones con los cambios de temperatura, siempre que sea posible las determinaciones deben hacer a 20 °C. En caso contrario, es necesario corregir (Tabla 3) el valor de la lectura de ° Brix aparente (° Brix_t) según la siguiente fórmula:

$$^{\circ} \text{Brix (20 } ^{\circ}\text{C)} = ^{\circ} \text{Brix}_t + c$$

Tabla 3. Factores de corrección de °Brix en función de la temperatura

Temperatura (°C)	c	Temperatura (°C)	c
15	-0,3	21	+0,1
16	-0,3	22	+0,1
17	-0,2	23	+0,2
18	-0,1	24	+0,3
19	-0,1	25	+0,3

• **Azúcares reductores (método Rebelein)**

Fundamento

Los azúcares reductores representan el conjunto de azúcares con función cetónica y aldehídica que reaccionan por su acción reductora con una solución cupro-alcalina para su determinación.

El análisis para la determinación de azúcares se realiza por el método de Rebelein. Este se basa en la capacidad de éstos de reducir las sales cúpricas en medio alcalino y en caliente.

Materiales y reactivos:

- Carbón activo
- Yoduro potásico (KI): A 300 g de KI se le añade 100 mL de NaOH 1N y enrasar a un litro con agua destilada.
- Sal de Seignette: Se disuelven 250 g de tartrato sódico y potásico en 400 mL de agua; por otro lado se disuelven 80 g de hidróxido sódico en 400 mL de agua. A temperatura ambiente se vierten las dos soluciones en un matraz aforado de un litro y enrasar con agua destilada.
- Disolución cúprica: Se prepara ácido sulfhídrico de concentración 1N. Se pesan 41,92 g d sulfato de cobre pentahidratado en agua destilada, se añaden 10 mL de ácido sulfúrico 1N y se enrasa a un litro con agua destilada).
- Tiosulfato sódico 0,1N: Se pesan 13,87 g de tiosulfato sódico pentahidratado en agua destilada, se añaden 50 mL de NaOH 1N y se enrasa a un litro con agua destilada
- Ácido sulfhídrico (16% de riqueza): Prepararlo a partir de H₂SO₄ al 96 %
- Almidón (1%): Se disuelve 1g de almidón en 100 mL de agua destilada hirviendo.
- Indicador.
- Una placa calefactora.
- Pipetas de 2, 5 y 10 mL.
- Vidrio de reloj y bolitas de vidrio.
- Bureta de 30 mL, matraz Erlenmyer de 200 mL y matraz aforado de un litro.
- Filtro para realizar un embudo.
- Parafilm.

Método operativo

Se realiza simultáneamente el vino y el blanco, en este último se realizan los mismos pasos pero sustituyendo el mosto-vino por agua destilada. Se vierten 20 mL de mosto-vino en un vaso de precipitados y se añade removiendo una cucharada de carbón para decolorarlo, y se esperan 5 minutos para que haga efecto tapándolo con un parafilm. Una vez decolorado se filtra y se centrifuga. Del sobrenadante se recogen 2 mL de la muestra con ayuda de una pipeta y se vierte en otro matraz de 100mL. Se añaden a este matraz Erlenmeyer 10 mL de disolución cúprica, 5 mL de sal de Seignette y 3 bolitas de vidrio y se coloca sobre la placa calefactora previamente

calentada. Se tapa con un vidrio de reloj, se espera a que comience la ebullición y a partir de ese momento se cuenta 2 minutos exactos. Pasado ese periodo, se coge el Erlenmeyer con una pinza y se enfría por la parte exterior bajo un chorro de agua fría. Después se añaden, agitando continuamente, 10 mL de KI, 10 mL de H₂SO₄ (16%) y 10 mL de almidón (10%).

A continuación se valora con Na₂S₂O₃ hasta un viraje color blanco marfil. Se anota el volumen gastado de la bureta, (V2).

Previamente, se ha hecho un blanco de reactivos siguiendo los mismos pasos pero en lugar de la muestra poner 2 mL de agua destilada. Se anota el volumen que marca la bureta en esta valoración (V1).

La fórmula final es:

g/L de azúcares reductores = mL gastados en la valoración del blanco (V1) - mL gastado en la valoración del vino (V2).

- **Sulfuroso libre y total (método Ripper sencillo)**

Fundamento

Se denomina dióxido de azufre total al conjunto de las distintas formas de dióxido de azufre presentes en el vino en estado libre o combinado con sus componentes. El fundamento se basa en la reacción de oxidación-reducción del sulfuroso con yodo, con almidón como indicador, y se realiza con un analizador de sulfuroso. Se analiza con el método de Ripper sencillo (García et al., 2000).

Materiales y reactivos

- Reactivo: Yodo 0,01 M (reactivo comercial).
- Ácido: H₂SO₄ 25% (reactivo comercial).
- Alkali: NaOH 4M (reactivo comercial).
- KI sólido, actuando como supresor de materia interferente.
- Volumen de muestra: 10 mL.

Método operativo

En un tubo falcon, se vierten 10 mL de la muestra con aproximadamente 0,2 g de KI. Se coloca en el analizador de sulfuroso que proporciona directamente los valores de sulfuroso libre y sulfuroso total.

- **Grado alcohólico**

Fundamento

La determinación del grado probable se lleva a cabo a partir de las determinaciones físicas de la riqueza en azúcares del mosto (García et al., 2000).

Este análisis se basa en el principio de Arquímedes, bajo una presión de 760 mm de mercurio, el agua hierve a una temperatura de 100°C. En las mismas condiciones, el alcohol hierve a una temperatura de 78,4°C. El vino puede ser asimilado a una mezcla de agua y alcohol y su temperatura de ebullición es tanto más baja cuanto más alcohol contenga. Se aplica el método ebuliométrico.

Materiales y reactivos

- Una caldera y un aparato de calentamiento.
- Un refrigerante.
- Un termómetro.

Método operativo

- *Medida del punto de agua*

Se coloca el refrigerante sobre la caldera, se introducen 20 mL de agua en la caldera y se coloca el termómetro.

- *Medida de temperatura de ebullición del vino*

La caldera se llena de 50 mL de vino. Se coloca el termómetro y se llena de agua el refrigerante. Se lleva a ebullición el contenido de la caldera.

Por medio de una regla de cálculo, el cero de la escala se fija en la parte superior de la temperatura de ebullición del agua. Posteriormente, se indica la temperatura de ebullición del vino, y en la graduación superior de este se lee el grado alcohólico volumétrico (GAV) a 20°C y se expresa en %.

- **Acidez total (método potenciométrico)**

Fundamento

La acidez total corresponde a la suma de los ácidos valorables cuando se neutraliza por adición de una disolución alcalina valorada (García et al., 2005).

Materiales y reactivo necesarios

- Solución de hidróxido sódico (NaOH) de N/10 de concentración
- Solución de fenolftaleína al 2%.
- Pipeta de 10 mL.
- Vaso de precipitados de 100 mL.

Método operativo

Se toma una muestra de 20 mL vino y se introduce, el electrodo del pH-metro, y utilizando el modo continuo, se valora lentamente con NaOH N/10 agitando constantemente hasta pH=7. Se anota el volumen en mL de NaOH gastado (V_{NaOH}) y se calcula el factor de corrección de la sosa (F).

Acidez total (g/L ácido tartárico) = V_{NaOH} x 0,375 x F

- **Acidez volátil (método García-Tena)**

Fundamento

La acidez se determinó experimentalmente según el método García-Tena. La determinación se efectúa mediante la separación de los ácidos volátiles con arrastre de vapor de agua y rectificación de los vapores mediante una destilación simple. Posteriormente se valora el destilado con NaOH N/100 (García et al., 2000).

Materiales y reactivos

- Aparato de destilación con matraz de destilación de 60 mL, placa eléctrica y refrigerante.
- Pipetas de 1 y 10 mL.
- NaOH de concentración N/100.
- Indicador Fenolftaleína.

Método operativo

Se toman 11 mL de vino y se vierten en el matraz de 60 mL y se destilan calentando directamente con un mechero de alcohol, recogiendo en la probeta de 5,1 mL. En esta primera fracción han pasado los ácidos más volátiles que el ácido acético: SO₂ Y CO₂. Este líquido se desecha.

Cuando el destilado alcanza el trazo superior de la probeta, se sustituye por la de 3,2 mL, dándose por terminada la destilación cuando se alcanza este volumen. Se estima que en este volumen ha pasado 1/3 del ácido acético del vino.

El destilado recogido en la probeta de 3,2 mL se vierte en un matraz Erlenmeyer y se valora con la solución de hidróxido de sodio (NaOH) N/100, en presencia de unas gotas de fenolftaleína, hasta obtener un color ligeramente rosado. Sea "v" el volumen de hidróxido de sodio consumido. El resultado se expresa en g/L de ácido acético:

$$\text{Acidez volátil (g/L de ácido acético)} = 3 \times V \times F \times 0,06$$

- **Extracto seco total**

Fundamento

La densidad del residuo sin alcohol se calcula a partir de la densidad relativa (20°/20°C) o masa volúmica (20°C) del vino, corregida del efecto de la acidez volátil, y de la densidad relativa de la mezcla hidroalcohólica obtenida por destilación (García et al., 2000).

Materiales y reactivos

Para este método analítico no es necesario ningún reactivo ni material específico, ya que para el cálculo de extracto seco total nos valemos de los datos ya obtenidos con la determinación de la masa volúmica, y del grado alcohólico volumétrico.

Método operativo

Se determina la densidad 20/20 del residuo sin alcohol obtenido a partir de la masa volúmica a 20 °C del vino, y la masa volúmica a 20°C de la mezcla hidroalcohólica del mismo grado que el vino, según la siguiente expresión:

$$dr = 1,0018 (pv - pa) + 1$$

dr = densidad 20/20 del residuo sin alcohol.

pv = masa volumica del vino a 20 °C.

pa = masa volumica a 20 °C de la mezcla hidroalcohólica del mismo grado que el vino.

Para obtener la masa volúmica a 20 °C de la mezcla hidroalcohólica del mismo grado que el vino (pa), h, se ha de utilizar la tabla para relacionar el grado de alcohol y la densidad a 20 °C (da) de la mezcla hidroalcohólica del mismo grado.

Después, mediante la siguiente relación simple, se determina:

$$pa = (da / 1,0018)$$

da = densidad a 20 °C de la mezcla hidroalcohólica del mismo grado que el vino.

Para finalizar, se emplea la tabla para determinar el extracto seco total (EST), expresado como los g/L de sacarosa necesarios para alcanzar una densidad igual a la del residuo sin alcohol:

$$\text{EST (g/L de sacarosa)} = f(dr)$$

- **Compuestos polifenólicos**

Los polifenoles están formados por una o más moléculas de fenol y contribuyen de forma notable en las características organolépticas del vino.

➤ **Índice de polifenoles totales (IPT)**

Fundamento

El conjunto de los compuestos polifenólicos del vino se oxida por el reactivo Folin-Ciocalteu (mezcla de ácido fosfotúngstico y fosfomolibdico), absorbiendo radiación ultravioleta (280 nm), debido esencialmente a los anillos bencénicos (Ribéreau-Gayon, 1966), dando lugar a una coloración azul directamente proporcional al contenido de polifenoles y medible a 750 nm.

Material y reactivos

- Espectrofotómetro UV-VIS.
- Cubeta de cuarzo de 1 cm de recorrido óptico.
- Pipeta de 1 mL.
- Matraz aforado de 10 mL.

Método operativo

Se diluye el vino a 1:10 con agua destilada en un matraz. Se determina la absorbancia a 280 nm en una cubeta de cuarzo de 10 mm de camino óptico y el resultado se multiplica por el factor de dilución. (Ribéreau-Gayon, J., 2003).

$IPT = a_{280} \times 10$

➤ **Ácidos hidroxicinámicos**

Fundamento

Los ácidos hidroxicinámicos se detectan en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 320 nm (Andrés-Lacueva et al., 1997).

Materiales y reactivos

- Espectrofotómetro (Lan Optios Serie 2000 UV).
- Cubeta de vidrio de 1 cm.

Método operativo

Previamente se centrifuga la muestra a 4000 r.p.m. durante 10 minutos para eliminar la turbidez. A continuación, se diluye por un factor de 10 con agua destilada. A continuación se mide la absorbancia a 320 nm en cubeta de vidrio de 1 cm, frente a agua destilada.

El valor de la absorbancia obtenido es corregido por el factor de dilución
 $AHC \text{ (mg/L de ácido cafeico)} = A_{320} \times 10.$

➤ **Flavonoles**

Fundamento

Los flavonoles se detectan en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 365 nm (Andrés-Lacueva et al., 1997).

Materiales y reactivos

- Espectrofotómetro.
- Cubeta de vidrio de 1 cm.

Método operativo

El vino rosado se centrifuga previamente con una velocidad de 4000 r.p.m. durante 10 minutos para ser clarificado. Después se diluye con un factor de 10 con agua destilada. A continuación se mide la absorbancia a 365 nm en una cubeta de vidrio de 1 cm, frente a agua destilada.

El valor de la absorbancia obtenido es corregido por el factor de dilución.
Flavonoles = $A_{365} \times 10$

- **Características cromáticas**

Fundamento

El espacio de color $L^*a^*b^*$ (también llamado CIELAB) es actualmente uno de los espacios más populares para medir el color de los objetos (Figura 3). El eje vertical L^* representa una medida de luminosidad y varía desde completamente opaco (valor 0) a completamente transparente (valor 100). El parámetro a^* y b^* son las coordenadas de cromaticidad, siendo a^* representa una medida de la intensidad de color rojo y b^* de la intensidad de color amarillo, h^* la tonalidad y la saturación o cromatismo (c^*) (Cassasa y Sari, 2006).

Materiales y reactivos

- Cubeta de vidrio de 1 cm.
- Agua destilada.
- Centrifugadora.
- Tubos falcon.
- Espectrofotómetro.

Método operativo

Para la medida del color y obtención de los porcentajes de amarillo, rojo y azul, se ha seguido el método de Glories (Glories, 1994). Todas las muestras se centrifugan a una velocidad de 4000 r.p.m. durante 10 minutos para eliminar la posible turbidez. Para obtener dichas coordenadas es necesario medir las absorbancias a 450, 520, 570 y 630 nm mediante espectrofotometría. Los cálculos se realizan con la ayuda del programa MSCV®.

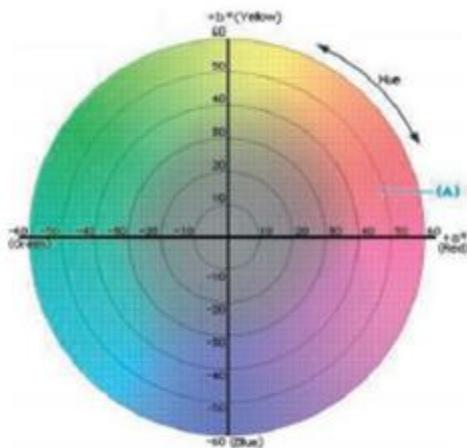


Figura 3. Representación del espacio CIELAB

4.4. ANÁLISIS DE DATOS

Una vez recopilados todos los valores obtenidos en los valores productivos y vegetativos, así como en las determinaciones analíticas de la uva, del mosto y del vino, se procedió a la realización de un estudio estadístico mediante análisis de varianza (ANOVA), para establecer el comportamiento entre los distintos tratamientos de riego, deshojado precoz y despampanado.

Además, con los datos analíticos del mosto y vino se realizó un análisis de componentes principales (PCA).

En ambos tratamientos estadísticos se utilizó el programa Statgraphics Centurion XVI.1 (Statpoint Technologies, Inc., Warrenton, USA).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. EFECTOS EN LOS PARÁMETROS VEGETATIVOS Y PRODUCTIVOS DEL VIÑEDO DE LA GESTIÓN HÍDRICA APLICADA

La climatología de la campaña 2016 en el viñedo experimental fue calurosa y seca, y podría calificarse de extrema (Tabla 4). La campaña comenzó con mucho agua en invierno y algo menos en primavera, siendo la pluviometría anual recogida de exactamente, 317,7 mm. La pluviometría entre el 1 de Abril y el 30 de Septiembre fue de 93,4 mm., con una brotación algo tardía, características de un año fresco.

No obstante, el calor excesivo de Julio, Agosto y Septiembre ha truncado en parte las excelentes perspectivas que presentaba la campaña: el verano meteorológico de 2016 ha sido el tercero más cálido y el segundo más seco de los últimos 51 años, según el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA, 2016).

Tabla 4. Temperaturas y precipitaciones registradas en la estación meteorológica de Rueda (Valladolid), en el año vitícola 2016

2015-2016	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Tm	13,1	8,0	5,8	6,3	5,8	6,3	9,4	13,7	19,7	23,5	20,8	19,1
Tmax	19,0	13,1	10,9	10,0	10,6	12,4	15,1	19,9	27,3	32,1	28,6	27,2
Tmin	7,8	3,9	1,8	3,0	1,7	1,0	4,2	7,8	11,6	14,9	12,8	11,2
P m	50,9	48,0	20,3	33,9	36,3	34,9	44,5	48,7	0,1	0,1	0,0	0,0

Abreviaturas: Temperatura media, Tm (°C); Temperatura máxima (media de máximas), Tmax (°C); Temperatura mínima (media de mínimas), Tmin (°C) y Precipitación media, Pm (mm).

5.1.1. DESARROLLO VEGETATIVO

En la tabla 5, se aprecia cómo el aporte hídrico ha favorecido claramente la tasa de fotosíntesis, dado el desarrollo vegetativo de los tratamientos regados (R1T y R2T), superior cuanto mayor aporte hídrico habían recibido, respecto al tratamiento de secano (S0T).

Tabla 5. Parámetros de desarrollo vegetativo según la gestión hídrica

Trat.	PMP	Nº Sar.	P. Sar.	LAI	I. Ravaz
S0T	0,606 ^a	15,3 ^a	39,5 ^a	1,49 ^a	5,8 ^a
R1T	0,705 ^b	15,6 ^a	45,3 ^b	1,65 ^{ab}	6,3 ^b
R2T	0,775 ^c	15,4 ^a	50,5 ^c	1,76 ^b	7,1 ^c
Sig.	**	ns	**	*	**

Peso de madera de poda (PMP) (kg. cepa⁻¹), número de sarmientos por cepa (Nº Sar.), peso de sarmiento (P. Sar.) (g), índice de área foliar (LAI) e Índice de Ravaz (I. Ravaz), de los tratamientos experimentales. (Trat.) S0T, R1T y R2T. Niveles de significación estadística (Sig.): ns, no significativo; *, p<0,05; **, p<0,01.

Una consecuencia visible a la disponibilidad de agua en las plantas, es el desarrollo del área foliar, la que a su vez está directamente relacionada con la materia seca producida, por lo que la sensibilidad del área foliar, sería un mecanismo de adaptación (Carbonneau et al., 2003).

El peso de madera de poda (PMP) está muy relacionado con la superficie foliar y el índice de área foliar, ya que ambos guardan una relación directamente proporcional con su longitud, entre otros factores. Se observaron diferencias

estadísticamente significativas con una tendencia creciente del PMP a medida que se aumentaba la cantidad de agua en el riego. Esto fue debido al **peso del sarmiento**, donde se encontraron diferencias estadísticamente significativas a favor del aumento de la dosis hídrica, puesto que el **número de sarmientos** por cepa no mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (con un leve incremento en los tratamientos R1T y R2T).

El **índice de área foliar** (LAI) ha resultado superior con el incremento del riego deficitario, como se podía esperar dado lo anterior, al igual que han observado otros autores (García-Escudero et al., 2000). Se mostraron diferencias significativas entre el tratamiento con mayor dosis hídrica (R2T) y el seco (S0T) del 15%, mientras que el tratamiento R1T se encontraba en una situación intermedia, con solo incrementos del 6%.

El **índice de Ravaz** se vio incrementado con la mayor aportación hídrica, con diferencias estadísticamente significativas, demostrando un desplazamiento del equilibrio hacia la producción de uva en las cepas regadas.

Como indican otros autores (Centeno, 2005), no se ha aportado un régimen hídrico excesivo en relación con un excesivo vigor y una menor cantidad de fruto.

5.1.2. PRODUCCIÓN DE UVA

Las diferencias producidas en la producción de uva (Tabla 6) reflejan la influencia en el estado hídrico debido probablemente a los valores de conductancia estomática y las tasas de fotosíntesis.

Tabla 6. Parámetros de producción según la gestión hídrica

Trat.	Prod.	Rdto.	Nº Rac.	P. Rac.	Nº Uvas	P. Uva
S0T	3,48 ^c	10,69 ^a	26,3 ^a	132 ^c	127 ^b	1,04 ^c
R1T	4,41 ^b	13,58 ^b	26,9 ^a	163 ^b	133 ^{ab}	1,22 ^b
R2T	5,45 ^a	16,76 ^c	28,0 ^a	194 ^a	146 ^a	1,32 ^a
Sig.	**	**	ns	**	*	**

Abreviaturas: Producción (Prod.), Rendimiento (Rdto.) (t.ha⁻¹), número de racimos por cepa (Nº Rac.), peso del racimo (P. Rac) (g), número de bayas por racimo (Nº uvas) y peso de uva (P. Uva) (g), de los tratamientos experimentales (Trat.) S0T, R1T y R2T. Niveles de significación estadística (Sig.): ns, no significativo; *, p<0,05; **, p<0,01.

Se aprecia cómo el aporte hídrico ha favorecido claramente al **rendimiento**, asociado al **peso del racimo, y número y peso de las uvas**, mostrando diferencias estadísticamente significativas entre estos, al igual que confirmaron otros autores (Dos Santos et al., 2003).

La aplicación de riego favoreció claramente el aumento de la **producción**, causado principalmente por el mayor **peso del racimo** en tratamiento con menores limitaciones hídricas, con incrementos del 19 % tanto entre el R1T y el S0T como entre el tratamiento R2T y el R1T. La adecuada disponibilidad del agua, bien por las dosis aplicadas (Naor et al., 1993) o bien por la localización asequible para las raíces de la capa freática, permite una mayor producción (Van Leeuwen y Seguin, 1994).

Las diferencias del peso de racimo fueron causadas principalmente por el **peso de la uva**; con incrementos del 15 % del R1 con respecto al S0T y del 14 % del R2T con respecto del R1T, y por el **número de uvas por racimo**; estadísticamente significativas entre R2T y el S0T; ya que no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en el número de racimos recolectados.

Aunque en el **número de racimos por cepa** no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, este parámetro respondió positivamente al aporte hídrico, de acuerdo con la dosis recibida, con valores ligeramente más elevados en R2T y R1T, probablemente debido a la posible influencia positiva del riego en los procesos de inducción floral y en la fertilidad de las yemas.

5.1.3 COMPOSICIÓN BÁSICA DE LA UVA DESPUÉS DE SU MADURACIÓN

En la Tabla 7 aparece reflejada la composición analítica básica de las uvas en la fase final de maduración.

Tabla 7. Parámetros de madurez de las uvas según la gestión hídrica

Trat.	pH	AT.	ATart.	A. Mal.	K ⁺
S0T	3,45 ^b	5,79 ^a	9,83 ^a	1,08 ^a	1940 ^a
R1T	3,30 ^b	5,87 ^a	10,12 ^a	0,97 ^a	1956 ^a
R2T	3,30 ^a	5,63 ^a	9,47 ^a	1,05 ^a	1923 ^a
Sig.	*	ns	ns	ns	ns

Abreviaturas: pH, acidez total (AT) (g/L de ácido tartárico), ácido tartárico (A. Tart.) (g/L), ácido málico (A. Mal.) (g/L) y potasio (K⁺) (mg/L), de los tratamientos experimentales (Trat.) S0T, R1T y R2T. Niveles de significación estadística (Sig.): ns, no significativo; *, p<0,05; **, p<0,01.

El **pH** se ve fuertemente influido por la climatología y el estado hídrico de la planta. Este parámetro mostró cierta tendencia a presentar un nivel más alto en secano que en los tratamientos regados con diferencias estadísticamente significativas; resultados coincidentes con Yuste (1995). Dado los datos de potasio, se podría tratar de una mayor translocación de este elemento químico a las bayas en las plantas estresadas, aumentando el intercambio de K⁺ por H⁺ dentro de las uvas. Otro posible motivo pudiera ser debido a una mayor producción de uva, o a una mayor exposición de los racimos en las plantas no regadas, que podría haber aumentado la temperatura de las bayas y a su vez una degradación del ácido málico, como aseguran Bertamini et al. (1992) y Rubio et al. (2002).

En general, la **acidez titulable**, el **ácido málico y tartárico** y la **concentración de potasio** no mostraron variaciones estadísticamente significativas, aumentando los parámetros en R1T, y disminuyendo en R2T, quizás por un efecto dilución a causa de la mayor cuantía de riego.

5.2. CINÉTICA FERMENTATIVA DEL MOSTO

Para el correcto seguimiento y control de la fermentación alcohólica se siguió la cinética fermentativa a 20°C mediante el descenso de la densidad (Aerny, 1996). Se midió de forma diaria la temperatura y densidad de todos los mostos. Cuando la densidad se estabilizó sobre 991 g/L se sulfitó y se procedió a realizar un análisis de los azúcares reductores, con el fin de asegurar que la fermentación alcohólica había terminado.

A continuación, en la Figura 4, se detallan las gráficas de fermentación de cada uno de los tratamientos por duplicado.

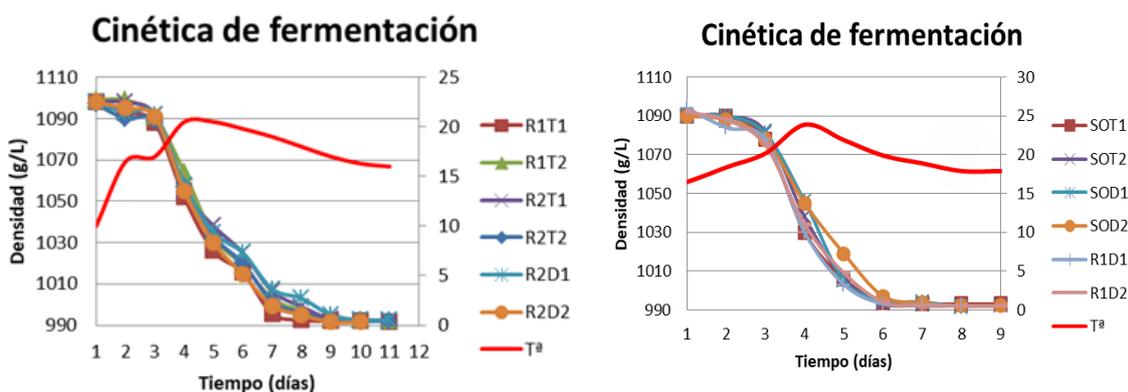


Figura 4. Cinética de fermentación

5.3. EFECTOS EN LOS PARÁMETROS ANALÍTICOS DEL MOSTO DE LA GESTIÓN HÍDRICA Y AGRONÓMICA APLICADA

La influencia de las estrategias vitícolas en la maduración tecnológica será consecuencia de los efectos que éstas puedan ejercer, por una parte, en el equilibrio vegetativo-productivo del viñedo, como se ha visto en muy diversos ensayos llevados a cabo en diferentes situaciones climáticas (Yuste y Vicente, 2015), y por otra parte, en el microclima de la planta.

En la Tabla 8 se detallan los parámetros enológicos básicos del mosto en función de la gestión hídrica y agronómica aplicada.

Tabla 8. Parámetros enológicos del mosto según la gestión hídrica y agronómica aplicadas

Parámetro		pH	AT	SST	GAP
Gestión hídrica					
Efecto riego	S0T	3,23 ^a	4,38 ^b	21,52 ^a	12,73 ^a
	R1T	3,23 ^a	3,04 ^a	22,12 ^c	13,09 ^c
	R2T	3,23 ^a	3,05 ^a	21,77 ^b	12,88 ^b
Sig.		ns	*	**	**
Gestión agronómica					
Efecto deshojado precoz	S0T	3,23 ^a	4,38 ^a	21,52 ^b	12,73 ^b
	S0D	3,24 ^a	4,47 ^a	21,65 ^a	12,65 ^a
	R2T	3,23 ^a	3,05 ^a	21,77 ^b	12,88 ^{ab}
	R2D	3,29 ^a	2,98 ^a	22,25 ^c	13,17 ^c
Sig.		ns	ns	***	***
Efecto Despam-panado	R1T	3,23 ^a	3,04 ^a	22,12 ^b	13,09 ^b
	R1D	3,24 ^a	4,11 ^b	21,5 ^a	12,72 ^a
Sig.		ns	*	*	*

Abreviaturas: pH, acidez total (AT) (g/L de ácido tartárico), concentración de sólidos solubles totales (SST) (° Brix), grado alcohólico probable (GAP) (% vol), de los tratamientos experimentales (Trat) S0, R1 y R2, testigo, deshojado y despampanado. Niveles de significación estadística (Sig.): ns, no significativo; *, p<0,05; **, p<0,01.

El **pH** tiene una gran importancia para la estabilidad del mosto y vino, pues un valor elevado (superior a 3,4 ó 3,5), es muy frágil y las alteraciones de origen microbiano se desarrollan fácilmente (Hidalgo, 2011). Se observa que este parámetro no es una fuente de variación significativa en ninguno de los 3 efectos estudiados.

El riego tiene una clara influencia sobre la **acidez total** del mosto debido al incremento de la producción y del vigor de la planta, a la modificación de su microclima y la incidencia en la absorción del potasio (García-Escudero et al., 1997).

La influencia del riego y de prácticas agronómicas en la acidez total del mosto fueron determinantes pero en sentido opuesto. El riego deficitario ha disminuido este parámetro de manera estadísticamente significativa, independientemente de la dosis recibida, debido posiblemente a un efecto de dilución por el mayor tamaño de la uva; como expone Yuste et al., (1997), propiciado por el aumento del rendimiento y el peso de la uva, resultados acordes a lo expuesto por García-Escudero et al. (1997).

La ejecución del deshojado precoz no ha provocado cambios estadísticamente significativos. En cambio, la aplicación del despampanado (R1D) ha conducido a un aumento de la acidez con respecto al testigo (R1T), pudiendo ser debido a que los racimos quedaron más expuestos a una radiación solar intensa, provocando una subida de la temperatura y la consiguiente mayor degradación del ácido málico en el tratamiento R1T, tal como expone Martínez de Toda (2008) Y Aleixandre (1997). Sin embargo, este hecho no se dio con el mayor sombreado de racimos en las cepas regadas.

El **contenido en sólidos solubles totales (SST)** del mosto afecta al aroma del vino ya que determina el grado alcohólico tras la fermentación y proporciona

precursores aromáticos (Dai et al., 2011), los cuales son almacenados principalmente por la actividad fotosintética de las hojas.

La concentración de SST ha mostrado diferencias estadísticamente significativa en los tres efectos del estudio. En el régimen hídrico, la menor concentración de SST lo obtuvo el tratamiento de secano (S0T) y su máximo valor coincidiendo con la mayor dosis hídrica. Esto denota que no se ha visto superado el umbral de rendimiento a partir del cual la concentración de azúcares acumulados en las bayas, sufriría una reducción por el aporte de agua, por la cantidad de sumideros que existen. Igualmente, sí existe una excesiva disponibilidad hídrica puede promover una competencia entre ápices vegetativos y racimos por el reparto de fotosimilados, llevando a la obtención de una menor concentración de azúcares (Lopes, 1994).

Gil et al. (2015) indican que el tamaño de uva por sí solo no es el único factor que influye en la acumulación de azúcares, sino también las prácticas de cultivo. La concentración de azúcares no tienden a seguir una tendencia similar respecto al deshojado precoz, lo que indica que el hecho de suprimir hojas no produce ganancias proporcionales en la concentración de azúcares. Estos resultados van en concordancia con los obtenidos por Poni et al., (2006a), donde la composición de azúcares mejoró en las cepas deshojadas. En el presente estudio, el tratamiento con deshojado precoz y riego sí que coincide con dichos resultados observándose diferencias estadísticamente significativas. El despampanado, en cambio, provoca una disminución de sólidos solubles totales con diferencias estadísticamente significativas.

En cuanto al **grado alcohólico probable** (GAP) del mosto, se aprecia que sigue la misma tendencia que el parámetro anterior, en donde se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los tres efectos estudiados. En cuanto al riego hídrico, el valor más bajo lo obtuvo también el tratamiento de secano (S0T). En el estudio del deshojado, el GAP también aumentó en el tratamiento regado (RD). El despampanado disminuyó este valor.

El GAP no constituye por sí mismo un parámetro decisivo que participe y defina la acidez de los mostos. El incremento de translocación de potasio hacia la baya puede asociarse a una disminución en la concentración de azúcares en la misma, contribuyendo así a un ajuste de potencial osmótico que asegura el mantenimiento de la turgencia (Mpelasoka et al., 2003).

La Tabla 9 recoge los valores de los **compuestos fenólicos** del mosto.

Tabla 9. Compuestos fenólicos del mosto según la gestión hídrica y agronómica aplicadas

Parámetro		IPT	Ác. Hidróx.	Flav.
Gestión hídrica				
Efecto riego	S0T	11,15 ^b	6,53 ^b	2,57 ^b
	R1T	7,21 ^a	4,46 ^a	1,38 ^a
	R2T	6,96 ^a	3,97 ^a	1,23 ^a
Sig		*	*	*
Gestión agronómica				
Efecto deshojado precoz	S0T	11,15 ^c	6,53 ^b	2,57 ^b
	S0D	8,91 ^b	4,51 ^a	1,54 ^a
	R2T	6,96 ^a	3,97 ^a	1,23 ^a
	R2D	7,06 ^a	4,43 ^a	1,38 ^a
Sig.		***	*	*
Efecto despampanado	R1T	7,21 ^a	4,46 ^b	1,38 ^a
	R1D	6,73 ^a	4,01 ^a	1,19 ^a
Sig.		ns	*	ns

Abreviaturas: Índice de polifenoles totales (IPT), concentración ácidos hidróxicinámicos (Ác. Hidróx) y flavonoles (Flav.) de los tratamientos experimentales (Trat.) S0, R1, y R2, testigo, deshojado y despampanado. Niveles de significación estadística (Sig.): ns, no significativo; *, p<0,05; **, p<0,01

En una primera valoración, se observa con bastante nitidez la capacidad del riego para disminuir progresivamente los compuestos polifenólicos de manera estadísticamente significativa en todos ellos. La razón que justifica este hecho, obedece al aumento del tamaño de la baya; debido a una menor relación superficie-volumen (Gil et al., 2015); como a la diferente respuesta de multiplicación y crecimiento entre las células del epicarpio-hollejo y las del mesocarpio- pulpa frente a la disponibilidad hídrica (Roby et al., 2004). Hay que tener en cuenta que la mayor masa vegetativa desarrollada en las cepas regadas puede haber aumentado el sombreado en la zona de los racimos, que influye de manera negativa en los compuestos fenólicos totales.

Ojeda et al., (2002) observaron que el estado de desarrollo de la baya en el momento en que se produce el déficit hídrico tiene consecuencias en la posterior evolución del contenido del grado de polimerización de los flavonoides.

Con respecto al efecto deshojado precoz se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en los tres parámetros. En los tratamientos de secano donde se les aplicó un deshojado precoz (S0D con respecto a S0T), ha mostrado una tendencia a disminuir los compuestos fenólicos. Sucede lo contrario en los tratamientos de regadío con deshojado, es decir, en los R2D, que presentan valores superiores en los compuestos fenólicos respecto a su testigo (R2T). Por último, únicamente los ácidos hidroxicinámicos presentaron diferencias estadísticamente significativas en el efecto despampanado (R1D), aunque en los tres casos, (IPT, ácidos hidroxicinámicos y flavonoles) presentaron valores más bajos en comparación con su testigo (R1T).

La Tabla 10 refleja los valores cromáticos de los diferentes tratamientos.

Tabla 10. Parámetros cromáticos del mosto según la gestión hídrica y agronómica aplicadas

Parámetro		a*	b*	c*	h*	IP	L*
Trat.							
Gestión hídrica							
Efecto riego	S0T	1,58 ^b	25,02 ^c	25,21 ^b	87,73 ^a	1,56 ^b	67,28 ^a
	R1T	-2,03 ^a	15,21 ^b	15,38 ^a	98,11 ^a	0,30 ^a	90,45 ^b
	R2T	-2,06 ^a	11,47 ^a	14,53 ^a	98,27 ^a	0,34 ^a	92,25 ^b
Sig		*	**	*	ns	*	*
Gestión agronómica							
Efecto deshojado precoz	S0T	1,58 ^c	25,02 ^b	25,21 ^b	87,73 ^a	1,56 ^b	67,27 ^a
	S0D	-6,37 ^a	20,35 ^b	20,43 ^b	95,11 ^b	0,56 ^a	85,90 ^b
	R2T	-2,06 ^d	11,47 ^a	14,53 ^a	98,27 ^b	0,34 ^a	92,25 ^b
	R2D	-1,81 ^c	11,45 ^a	13,11 ^a	119,1 ^c	0,37 ^a	85,82 ^b
Sig,		***	*	*	**	*	*
Efecto despampanado	R1T	-2,03 ^a	15,21 ^a	15,38 ^a	98,11 ^a	0,30 ^b	90,45 ^a
	R1D	-1,76 ^a	17,22 ^a	17,33 ^a	96,17 ^a	0,27 ^a	88,47 ^a
Sig.		ns	ns	ns	ns	*	ns

Abreviaturas: Parámetros colorimétricos (a*, b*), croma (c*), luminosidad (L*), tonalidad (h*) e índice de pardeamiento (IP) de los tratamientos experimentales (Trat.) S0, R1, y R2, testigo, deshojado y despampanado. Niveles de significación estadística (Sig.): ns, no significativo; *, p<0,05; **, p<0,01.

En la misma se indica como el aporte de agua mediante riego ha producido una pérdida de intensidad de **color** con diferencias estadísticamente significativas, intensificada cuanto mayor ha sido el volumen de agua aportada, datos advertidos por García Escudero et al., 1997, ocasionando proporcionalmente colores más verdes, debido al parámetro a*, y más azules, a causa del parámetro b.

Algunos autores, como Lisarrague (1986) y García-Escuero (1997), relacionan ese descenso en la intensidad de color con el aumento que se produce en la producción, que a su vez se debe principalmente a un incremento en el tamaño de la baya, lo que provoca una disminución pulpa/hollejo y un aumento de los procesos de dilución, y del microclima más desfavorable para la síntesis de material colorante, como consecuencia del mayor desarrollo vegetativo de las cepas regadas.

Respecto a la influencia de las prácticas agrícolas, el deshojado provocó cambios de forma estadísticamente significativos en todos los parámetros, en concreto

en los parámetros a^* , (hacia colores más verdes), h^* (provocando un aumento) y L^* (disminuyéndolo). El efecto del despampanado (R1D) disminuyó únicamente de manera significativa el índice de pardeamiento

5.3.1. TEST MULTIVARIANTE DE LOS PARÁMETROS ENOLÓGICOS DEL MOSTO

Se realizó un análisis por componentes principales (PCA) utilizando como valores de entrada los resultados analíticos del mosto, con el fin de tener una visión general global obteniendo un número reducido de combinaciones lineales que expliquen la mayor variabilidad en los datos. De este modo se analizaron 13 variables, veáse Figura 5, de las cuales se extrajeron 3 componentes, puesto que tuvieron eigenvalores mayores o iguales que 1. En conjunto ellos explican 97,73 % de la variabilidad en los datos originales.

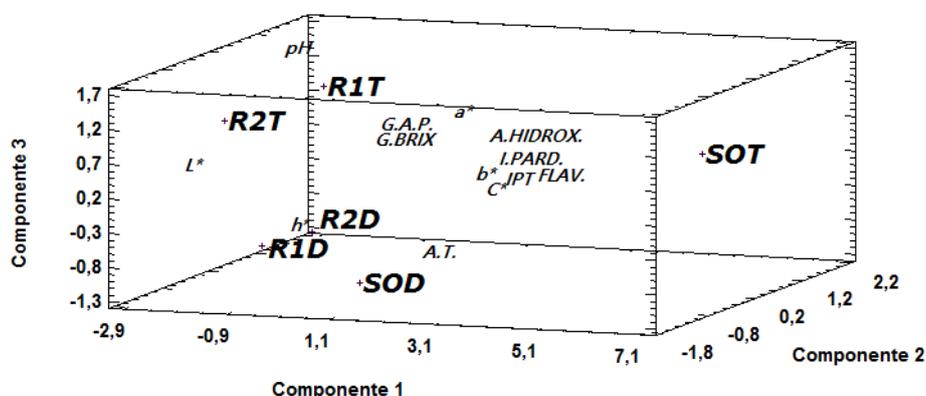


Figura 5. Análisis por componentes principales de los mostos.

Abreviaturas: AT: Acidez total, AV: Acidez volátil, G. Brix: Grado Brix; GAP: Grado alcohólico probable, IPT: Índice de polifenoles totales, A. Hidrox: Ácidos hidroxicinámicos, FLAV: Flavonoles, I. PARD: Índice de pardeamiento, a^* y b^* : Componentes de cromatidad, L^* : Luminosidad, C: Cromo, h^* : Tonalidad.

Las mostos pertenecientes a parcelas de secano, SOT, presentan mayores valores fenólicos y parámetros cromáticos cercanos al azul y al verde, y menor grado alcohólico y $^{\circ}$ brix, respecto a los tratamientos de regadío.

Las mostos provenientes de cepas regadas, tienen mayor grado alcohólico probable y $^{\circ}$ Brix, más acusado en el R2D y R1T.

Los mostos a partir de cepas donde se aplicó un deshojado precoz (SOD y R2D) son característicos por tener más h^* , próximos entre sí relativamente.

La técnica del despampanado (R1D), se caracteriza por tener menos grado alcohólico probable y $^{\circ}$ Brix, y mayor acidez total con respecto a su testigo (R1T).

5.4. EFECTOS EN LOS PARÁMETROS ANALÍTICOS DEL VINO DE LA GESTIÓN HÍDRICA Y AGRONÓMICA APLICADAS

La Tabla 11 recoge los valores de los parámetros analíticos del vino en función de la gestión hídrica y agronómica aplicadas.

Tabla 11. Parámetros enológicos del vino según la gestión hídrica y agronómica aplicadas

Parámetro		pH	GA	AT	AV
Trat.					
Gestión hídrica					
Efecto riego	S0T	3,00 ^a	12,89 ^a	4,93 ^{ab}	0,92 ^a
	R1T	2,91 ^a	13,20 ^b	5,03 ^b	1,25 ^b
	R2T	2,95 ^a	12,92 ^a	4,86 ^a	1,25 ^b
Sig.		ns	*	*	*
Gestión agronómica					
Efecto deshojado precoz	S0T	3,00 ^a	12,89 ^a	4,93 ^b	0,92 ^b
	S0D	3,04 ^a	12,95 ^a	4,97 ^b	1,00 ^b
	R2T	2,95 ^a	12,92 ^a	5,04 ^b	1,25 ^c
	R2D	2,88 ^a	13,50 ^b	4,59 ^a	0,56 ^a
Sig.		ns	*	*	**
Efecto despampanado	R1T	2,91 ^a	13,20 ^a	5,03 ^a	1,25 ^b
	R1D	3,08 ^a	13,20 ^b	4,88 ^a	0,69 ^a
Sig.		ns	*	ns	*

Abreviaturas: pH, grado alcohólico (GA) (% vol), acidez total (AT) (g/L de ácido tartárico), acidez volátil (AV) (g/L ácido acético) de los tratamientos experimentales (Trat.) S0, R1 y R2, testigo, deshojado y despampanado. Niveles de significación estadística (Sig.): ns, no significativo; *, p<0,05; **, p<0,01.

En dicha tabla, puede señalarse que la mejora de la disponibilidad hídrica no afectó significativamente al **pH**, resultados no concordantes con los hallazgos descritos por Yuste et al. (1997). La gestión agronómica (deshojado precoz y despampanado) tampoco aportaron diferencias estadísticamente significativas sobre este parámetro.

La variable de **grado alcohólico (GA)** de los vinos se vio afectada de manera estadísticamente significativa por los tres efectos. El GA se vio aumentada por la aplicación de riego, con un mayor incremento en R1, mientras que R2 mantuvo una situación más moderada; resultados acordes con los expuestos por Valdés (2014 b). Del mismo modo, las dos prácticas agrícolas favorecieron una subida estadísticamente significativa de dicho factor.

La **acidez total (AT)** se vio moderadamente incrementada por el riego, ya que el tratamiento regado (R1T) aumentó dicho parámetro con respecto al tratamiento de secano (S0T). Sin embargo, la ejecución del deshojado precoz (únicamente dentro del tratamiento de regadío, R2D), provocó una reducción de la acidez con diferencias estadísticamente significativas. No se apreció influencia alguna debida al despampanado en la acidez total.

El análisis de la **acidez volátil**, mostró diferencias estadísticamente significativas con la aplicación del riego deficitario; con independencia de las dosis

recibidas, mostrando un aumento, mientras que los tratamientos de deshojado (únicamente dentro del tratamiento regado, R2D) y despampanado favorecieron la bajada de la concentración de dicho factor, con diferencias estadísticamente significativas.

Los datos reflejados en la Tabla 12, mostraron una tendencia decreciente con el aumento de la cantidad de riego suministrado (excepto en los IPT), debido, quizás, a un efecto dilución o menor relación superficie/volumen, aunque sin diferencias estadísticamente significativas, Sin embargo, la concentración de compuestos polifenólicos se vio incrementada con diferencias estadísticamente significativas debido al deshojado precoz (excepto en los IPT). La ejecución del despampanado, en cambio, produjo una disminución en los ácidos hidroxicinámicos y un aumento de los flavonoles con diferencias estadísticamente significativas en los dos valores. Los IPT no se vieron influenciados por esta técnica agrícola.

Tabla 12. Compuestos fenólicos del vino según la gestión hídrica y agronómica aplicadas

Parámetro		IPT	Ác. Hidróx.	Flav.
Trat.				
Gestión hídrica				
Efecto riego	S0T	6,82 ^a	3,05 ^a	0,89 ^a
	R1T	6,29 ^a	3,04 ^a	0,77 ^a
	R2T	6,82 ^a	3,03 ^a	0,76 ^a
Sig.		ns	ns	ns
Gestión agronómica				
Efecto deshojado precoz	S0T	6,82 ^a	3,05 ^a	0,89 ^c
	S0D	6,57 ^a	3,15 ^{ab}	0,90 ^c
	R2T	6,82 ^a	3,03 ^a	0,76 ^a
	R2D	6,21 ^a	3,26 ^b	0,82 ^b
Sig.		ns	*	***
Efecto despampanado	R1T	6,29 ^a	3,04 ^b	0,77 ^a
	R1D	5,91 ^a	2,98 ^a	0,85 ^b
Sig.		ns	*	*

Abreviaturas: Índice de polifenoles totales (IPT), concentración ácidos hidroxicinámicos (Ac. Hidróx) y flavonoles (Flav.) de los tratamientos experimentales (Trat.) S0, R1, y R2, testigo, deshojado y despampanado. Niveles de significación estadística (Sig.): ns, no significativo; *, p<0,05; **, p<0,01.

Respecto a los **parámetros colorimétricos** (Tabla 13), las muestras a los que se les aplicó más cantidad de agua, obtuvieron menos croma (c*), más luminosidad (L*) y colores más azulados y verdosos, mientras que los secanos fueron más rojos y amarillos.

Respecto al comportamiento de estos parámetros en función de las prácticas agronómicas aplicadas, no existe una tendencia clara. El deshojado precoz favoreció una subida en los parámetros h* y L*, y disminuyó el índice de pardeamiento. El despampanado incrementó h*, y disminuyó a* y el índice de pardeamiento.

Tabla 13. Parámetros cromáticos del vino según la gestión hídrica y agronómica aplicadas

Parámetro		a*	b*	c*	h*	IP	L*
Trat.		Gestión hídrica					
Efecto riego	S0T	-1,72 ^a	9,88 ^b	10,03 ^b	100,03 ^a	0,17 ^a	95,20 ^a
	R1T	-1,10 ^b	6,85 ^a	6,94 ^a	99,05 ^a	0,18 ^{ab}	97,60 ^b
	R2T	-1,28 ^b	7,26 ^a	7,37 ^a	100,00 ^a	0,21 ^c	97,45 ^b
Sig.		*	*	*	ns	*	*
Parámetro		Gestión agronómica					
Efecto deshojado precoz	S0T	-1,72 ^b	9,88 ^b	10,03 ^b	100,03 ^a	0,17 ^b	95,20 ^a
	S0D	-2,15 ^a	9,50 ^b	9,75 ^b	102,75 ^b	0,13 ^a	97,00 ^b
	R2T	-1,28 ^d	7,26 ^a	7,37 ^a	100,00 ^a	0,21 ^c	97,45 ^b
	R2D	-1,46 ^c	7,82 ^a	7,96 ^a	100,65 ^a	0,23 ^c	97,05 ^b
Sig		***	*	*	*	***	*
Efecto despampanado	R1T	-1,10 ^b	6,85 ^a	6,94 ^a	99,05 ^a	0,18 ^b	97,60 ^a
	R1D	-1,92 ^a	7,73 ^a	7,97 ^a	104,02 ^b	0,11 ^a	97,83 ^a
Sig.		*	ns	ns	*	*	ns

Abreviaturas: Parámetros colorimétricos (a*, b*), cromas (c*), ángulo de matiz (h*), índice de pardeamiento (IP) y luminosidad (L*), de los tratamientos experimentales (Trat.) S0, R1, R2, testigo, deshojado y despampanado. Niveles de significación estadística (Sig.): ns, no significativo; *, p<0,05; **, p<0,01

5.4.1. TEST MULTIVARIANTE DE LOS PARÁMETROS ENOLÓGICOS DEL VINO

Se analizaron 15 variables con un análisis por componentes principales (PCA) para tener una visión gráfica de los datos, veáse Figura 6, de las cuales se extrajeron 3 componentes, puesto que tuvieron eigenvalores mayores o iguales que 1. En conjunto ellos explican 94,76 % de la variabilidad en los datos originales.

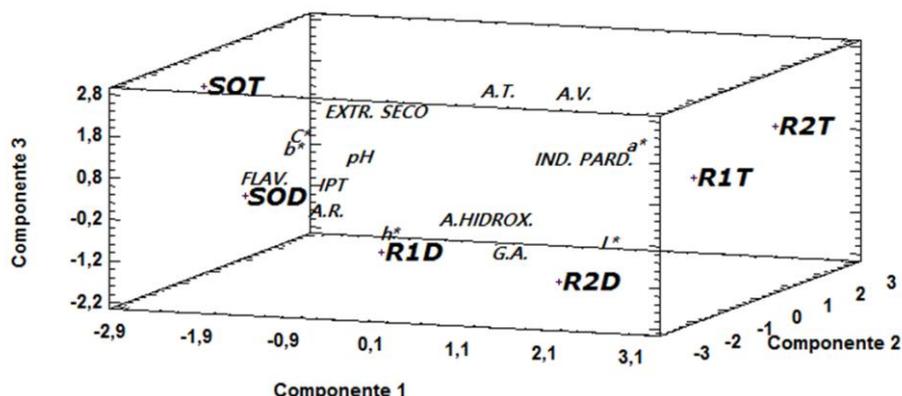


Figura 6. Distribución de los vinos en un sistema de coordenadas bidimensional definido por dos componentes principales.

Abreviaturas: EXTR. SECO: Extracto seco, AT: Acidez total, AV: Acidez volátil; A.R: Azúcares reductores, GA Grado alcohólico, IPT: Índice de polifenoles totales, A. Hidrox: Ácidos hidroxicinámicos, FLAV: Flavonoles, I. PARD: Índice de pardeamiento, a* y b*: Componentes cromáticas, L*: Luminosidad, C: Cromo, h*: Tonalidad.

Se aprecia, como los vinos provenientes de cepas secano (S0T y S0D), se encuentran en la región negativa de la componente 1 y 2, con mayor cantidad de flavonoles, acidez total y parámetros c^* y b^* , y vinos con tendencia a un bajo grado alcohólico y acidez volátil.

El vino más similar a los anteriores, es el R1D, con mayor pH y tono (h^*). Los vinos con mayor dosis hídrica, en general, destacaron por su mayor grado alcohólico (en especial en R1D), y acidez total.

Las técnicas del deshojado y despampanado (S0D, R1D y R2D) son similares en cuestión de la tendencia creciente del grado alcohólico, con respecto a sus testigos (S0T, R1T y R2T). Dentro de estas técnicas, la de despampanado mostró diferencias estadísticamente significativas en el valor del tono, de tal modo que separó a R1T, con valores más reducidos, de R1D, con valores más elevados. R1D tuvo valores más bajos de acidez volátil con respecto a su testigo R1T.

En el otro lado de la región se encuentran los vinos, R2D, R2T y R1T, más afines entre ellos. Con mayor acidez volátil, ácidos hidroxicinámicos, índice de pardeamiento y mayor a^* y luminosidad.

6. CONCLUSIONES

Como consecuencia de los resultados obtenidos del presente estudio, se pueden plantear a modo de conclusiones, los siguientes comentarios:

- La aplicación de riego favoreció el desarrollo vegetativo, el rendimiento y la producción, de modo creciente con el aumento de dosis, afectando a la composición del mosto de forma variable a través del incremento del peso de baya.
- La diferentes dosis hídricas y los factores estudiados de deshojado y despampanado, no han mostrado semejanza entre ellos en la composición analítica básica del mosto y vino.
- En términos generales, el riego deficitario a partir de enero (R1) se manifiesta como una práctica capaz de aumentar los valores del grado alcohólico y de la acidez total del vino, por lo que los factores de cantidad de agua suministrada y/o el momento de aplicación, son vitales.
- El deshojado precoz (con independencia de la dosis hídrica), conduce a valores más bajos de los compuestos fenólicos (sin afectar a los IPT) y del índice de pardeamiento. El deshojado precoz junto con un riego a partir del tamaño guisante de la baya (R2D), además de lo anterior, ha disminuido la acidez total y ha provocado un claro aumento del grado alcohólico. El deshojado dentro del tratamiento de secano, (S0D), ha incrementado el parámetro h^* .
- El despampanado, es similar al efecto del deshojado anterior influyó en los compuestos polifenólicos disminuyéndolos (sin verse afectados igualmente los IPT)
- La variedad Verdejo tiene un rango alto de colores, del amarillo verdoso al pajizo; por lo tanto, si se desean obtener vinos más luminosos y blancos, es conveniente aplicar un deshojado y/o una dosis de riego (no influye mucho la cantidad de agua y/o la época de riego). Si se precisa obtener vinos con tonalidades amarillas, rojizas y más oscuros, es mejor aplicar un tratamiento de secano y sin realizar ninguna práctica agrícola.
- De los ensayos realizados, se deduce que se cambia el perfil de los vinos, pudiendo jugar con estas prácticas, para poder obtener unos vinos finales diferentes en función de lo que se desee.
- Todas estas conclusiones se han obtenido únicamente con un año de experimentos, y puesto que este trabajo forma parte de un proyecto de investigación de tres años, será aconsejable ver los resultados de las dos vendimias siguientes.

7. BIBLIOGRAFÍA

Acimovic, D., Tozzini, L., Green, A., Sivilotti, P., Sabbatini, P. 2016. Identification of a defoliation severity threshold for changing fruitset, bunch morphology and fruit composition in Pinot Noir. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, DOI: 10.1111/ajgw.12235.

Aerny, J. 1996. Composés azotés des mouts et des vins. *Revue Suisse Viticulture Arboriculture Horticulture* 28 (3), 161–165.

Aleixandre, J.L. 1997. Control de la temperatura en el proceso de vinificación en blanco (Temperature control during white wine vinification process). *Viticultura* 2, 35–44.

Andrés-La Cueva, C., Lamuela-Raventos, R.M., Buxaderas; De La Torrebonorat, M.C. 1997. Influence of variety and ageing on foaming properties of cava. *J Agric Food Chem* 45 (7): 2520-2525.

Antcliff, A. J. 1965. "A comparison of cropping levels in the Sultana". *Vitis* 5:1-9.

Arnold R.A., Bledsoe A.M. 1990. The effect of various leaf removal treatments on the aroma and flavor of Sauvignon blanc wine. *Am. J. Enol. Vitic.*,41: 74-76.

Baeza, P., Sánchez de Miguel, P., Centeno, A., Junquera, P., Linares, R., Lissarrague, J.R. 2007. Water relations between leaf water potential, photosynthesis and agronomic vine response as a tool for establishing thresholds in irrigation scheduling. *Sci. Hortic.* 114, 151–158.

Bartolomé, M.C. 1993. Respuestas de la vid (*Vitis vinifera* L.) a condiciones de estrés hídrico: efectos sobre las relaciones agua-planta, el crecimiento, la producción y la calidad (cv. Tempranillo). Tesis doctoral del Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia. Universidad Politécnica de Madrid.

Bergqvist, J., Dokoozlian, N. and 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., Tardaguila M.J.; Lacono F., Scienza A. 1992. Influencia del sistema de conducción y de la carga de yemas sobre los parámetros vegetativo, productivos y de la calidad del vino. *Viticultura* 6: 33- 42.

Bledsoe, A.M, Kliewer, 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.

Carbonneau, A. 1976. Analyse de la croissance des feuilles du sarment de vigne: estimation de sa surface foliaire par échantillonnage. *Connaiss. Vigne Vin*.

Carbonneau A., Deloire A., Cotena P. 2003. Le potentiel hydrique foliaire: sens des différentes modalités de mesure. *Gesco Xillème journées du groppue europ´en d´étude des systémes de conduite de la vige; Montevideo; 3-7 février*.

Cassasa, F., Sari S. 2006. Aplicacion del Sistema Cie-Lab a los vinos tintos. Correlacion con algunos parametros tradicionales. *Revista Enologia* No III, 1-15.

Centeno, A. 2005. Evaluación del comportamiento de la vid (*Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo) en condiciones de déficit hídrico: efectos sobre el estado hídrico, crecimiento, rendimiento, biomasa y composición de la uva. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.

Centeno, A., Baeza, P., Lissarrague, J.R. 2010. Relationship between soil and plant water status in wine grapes under various water deficit regimes. HortTechnology 20, 585–593.

Champagnol F. 1986. Elements de physiologie de la vigne et de viticulture generale. Montpellier: Imprimerie Dehan.

Conde, C., Silva, P., Fontes, N., Dias, A.C.P., Tavares, R.M., Sousa, M.J., Agasse, A., Delrot, S., Gerós, H. 2007. Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. Food 1, 1–22.

Cook, B.I., Wolkovich, E.M. 2016. Climate change decouples drought from early wine grape harvests in France. Nature Clim. Change advance online publication.

Cuevas, E., Baeza, P., Lissarrague, J.R. 2006. Variation in stomatal behaviour and gas exchange between mid-morning and mid-afternoon of north-south oriented grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo) at different levels of soil water availability. Sci. Hortic. 108, 173–180.

Dai, Z.W., Ollat, N., Gomès, E., Decrooq, S., Tandonnet, J.-P., Bordenave, L., Pieri, P., Hilbert, G., Kappel, C., van Leeuwen, C., Vivin, P., Delrot, S. 2011. Ecophysiological, genetic, and molecular causes of variation in grape berry weight and composition: a review. American Journal of Enology and Viticulture 62(4), 413-425.

Deloire, A., Carbonneau, A. Wang, Z. y Ojeda, H. 2003. Vine and water a short review. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin. Vin. 38: 1-13.

De Souza, C.R., Maroco, J. P., Dos Santos, T.P., Rodriguez, M. L., Lopes C.M., Pereira, J.S., Chaves. M.M. 2005. Grape Berry metabolism in field- grown grapevines exposed to different irrigation strategies. Vitis 44: 103-109.

Diago, M.P. 2010. Estudio y desarrollo del deshojado precoz como técnica para el control del rendimiento productivo de la vid (*Vitis Vinifera* L.). Efects sobre el desarrollo vegetativo, los componentes de la producción, así como sobre la composición y la calidad de la uva y el vino. Tesis doctoral. Departamento de Agricultura y Alimentación. Universidad de la Rioja. 314.

Diago, M.P., Vilanova M., Tardaguila J. 2010. Effects of timing of early defoliaion (Manual and mechanical) on the aroma atributes of Tempranillo (*vitis vinifera*) wines. American Journal of Enology and Viticulture. 80-25.

Dos Santos, T.P., Lopes CM, Rodrigues, M.L, de Souza C.R., Maroco, J.P., Pereira, J.S., Silva, J.R., Chaves, M.M. 2003. Partial rootzone drying: effects on growth and fruit quality of fieldgrown grapevines (*Vitis vinifera*). Functional Plant Biology 30:663-671.

Esteban, M. A., Villanueva. M.J., Lissarrague, J.R. 1999. Relationship between different Berry components in Tempranillo (*Vitis Vinifera*, L.) grapes from irrigated and non- irrigated vines during ripening. J.Sci. Food & Agric. 82: 1-11.

Esteban, M.A., Villanueva M.J., Lissarrague, J.R. 2001. Effect of irrigation on changes in the anthocyanin composition of the skin of cv. Tempranillo (*V. vinifera*, L.) grpe berries during ripening. Journal of the sciences of Food and Agriculture. 81: 409-420.

Ferreira, E.R., Sellés, V.G., Ruiz, S.R., Sellés, M.I. 2003. Efecto del estrés hídrico aplicado en distintos períodos de desarrollo de la vid cv.

Flexas, J., Escalona, J., Medrano, H., 1999. Water stress induces different levels of photosynthesis and electron transport rate regulation in grapevines. *Plant Cell Environ.* 22, 39–48.

Flexas, J., Escalona, J., Medrano, H., 1998. Down-regulation of photosynthesis by drought under field conditions in grapevine leaves. *Aust. Journal of Plant Physiology.* 25, 893–900.

Gamero, E., Moreno, D., Vilanova, M., Uriarte, D., Prieto, M., Valdés, M.E., 2014. Effect of bunch thinning and water stress on chemical and sensory characteristics of Tempranillo wines. *Australia. Journal Grape Wine Res.* 20, 394–400.

García-escudero, E.; López R.; Santamaría P., Zaballa O. 1997. Ensayos de riego localizado en viñedos productivos de cv. Tempranillo. *Viticultura/Enología Profesional*, 50, 35-47.

García-Escudero, E., R. López, P., Santamaría, O. Zaballa. 2000. “Control del rendimiento en viñedos conducidos en régimen de riego localizado”. *Vitivinicultura* 1:30-34.

García, J., Xirau M., Azorín R. 2000. Técnicas usuales de análisis en Enología. *Panreac Química*.

García- Escudero, E., Ibáñez, S., Villar, M., García, C., Romero, I., López, D., Zaballa, O. 2004. Influencia del riego sobre los parámetros vegetoproductivos y de calidad del mosto y del vino en las variedades Tempranillo, Garnacha Tinta, Graciano y Cabernet Sauvignon. Reunión del grupo de experimentación en Viticultura y Enología. Leiro (Orense), 77-100.

Gil, M., Yuste, J. 2004. Maturation phénolique des raisins rouges du cépage Tempranillo conduit en gobelet dans différentes conditions édapho- climatiques de la Vallée du Douro. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin.* 38 (1): 81-88.

Gil, M., Pascual, O., Gómez-Alonso, S., García-Romero, E., Hermosín-Gutiérrez, I., Zamora, F., Canals, J.M. 2015. Influence of berry size on red wine colour and composition. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 21, 200-212.

Ginestar, C., Eastham, J., Gray S., Iland, P. 1998 b. Use of the sap flow sensors to schedule vineyard irrigation. II. Effects of post- veraison water deficits on water relations, vine growth and yield of Shiraz grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture.* 49 (4): 421- 428.

Girona, J. 2005. Manejo del riego en vides para vino en España. Curso internacional: Manejo del riego y suelo en vides para vino y mesa. Resumen de conferencias, INIA, Chile (en prensa).

Girona, J., Marsal, J., Mata M., Del Campo, J., Basile, B. 2009. Phenological sensitivity of Berry growth and composition of Tempranillo grapevines (*Vitis Vinifera* L.) to water stress. *Aust. Journal Grape Wines.* 15: 268-77.

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

Gómez-del-Campo, M., Ruiz, C., J.R. Lissarrague. 2002. Effect of water stress on leaf area development, photosynthesis, and productivity in Chardonnay and Airén grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture*. 53:138-143.

Gutana, Z., Bayonoce, C., Baumes, R., Cordonnier, R. 1985. The arome of grapes. I. Extraction and determination of free and bound fractions of some grape aroma components. *J. Chromatogr.* 331: 83-90.

Hepner, Y., Bravdo, B., Loinger, C., Cohen, S., Tabacman, H. 1985. Effect of crop level and drip irrigation scheduling on the potassium status of Cabernet Sauvignon and Carignane vines and its influence on must and wine composition and quality. *American Journal of Enology and Viticulture*. 36, 140–147.

Hidalgo, J., 2011. Tratado de enología. Tomo I y II. Mundi- Prensa, Madrid, España.

Hrazdina, G., Parsons, G.F., Mattick, L.R. 1984. Physiological and biochemical events during development and maturation of grape berries *American Journal of Enology and Viticulture* 36:77-85.

Hunter, J.J. y J.H. Visser. 1990. The effect of partial defoliation on growth characteristics of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon I. Vegetative Growth. *S. Afr. American Journal of Enology and Viticulture*. Vol. 11. N° 1,18-25.

Intrieri, C., Poni, S., Rebucci, B., Magnanni, E. 1997. "Effects of canopy manipulations on whole-vine photosynthesis: results from pot and field experiments". *Vitis* 36, 167-173.

Intrieri, D.S; Castel, J.R., 2008. Effects of irrigation on the performance of grapevine cv. Tempranillo in Requena, Spain. *American Journal of Enology and Viticulture* 59(1), 30-38.

Intrigliolo, D.S., Castel, J.R. 2011. Interactive effects of deficit irrigation and shoot and cluster thinning on grapevine cv. Tempranillo. *Water relations, vine performance and berry and wine composition. Irrigation Science* 29, 443-454.

Jones, G.V., Duchêne, E., Tomasi, D., Yuste, J., Braslavská, O., Schultz, H., Martínez, C., Boso, S., Langellier, F., Perruchot, C. et Guimberteau, G. 2005. Changes in European winegrape phenology and relationships with climate. *Groupe d'Etude des Systemes de COnduite de la vigne (GESCO)*. Geisenheim. 54-61.

Keller, M. 2008. Managing grapevines to optimize fruit development in a challenging environment: a climate change primer for viticulturists. *American Journal of Enology and Viticulture*. 56: 267-283.

Kliewer, W.M., Freeman, B.M., Hossom, C. 1983. Effect of irrigation, crop level and potassium fertilization on Carignane vines. I. Degree of water stress and effect on growth and yield. *American Journal of Enology and Viticulture*. 34, 186–196.

Kliewer, W.M., Freeman, B.M., Hossom, C., 1988. Effect of irrigation, crop level and potassium fertilization on Carignane vines. I. Degree of water stress and effect on growth and yield. *American Journal of Enology and Viticulture*. 34:186-196.

Koblet, W., Carmo Candolfi-Vasconcelos, M., Keller, M., 1996. Effects of training system, canopy management practices, crop load and rootstock on grapevine photosynthesis. *Acta Horticulture*. 133–140.

Koundouras, S., Van Leeuwen, C., Seguin, G., Glories, Y. 1999. Influence de l'alimentation en eau sur la croissance de la vigne, la maturation des raisin et les caractéristiques des vins en zone méditerranéenne. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*.

Kondouras, S., Marinos, V., Gkoulioti, A., Kotseridis, Y., Van Leeuwen C. 2006. Influence of vineyards location and vine water status of fruit maturation of non-irrigated cv. Agiorgitiko (*Vitis Vinifera* L.). Effects on wine phenolic and aroma components *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54: 5077-5086.

Kriedemann, P.E., Goodwin, I. 2004. Regulated deficit irrigation and partial rootzone drying. An information package on two irrigation methods for high-input horticulture. *Irrigation Insights* No. 4. Land and Water. Australia Pub. 102.

Lebon, E. 2002. Changements climatiques:quelles conséquences prévisibles sur la Viticulture. *Rencontres Rhodaniennes*. Ed. Institut Rhodanien. France. p.31-36.

Lissarrague, J.R. 1986. Estudio de los efectos del riego en la producción, desarrollo vegetativo, calidad del mosto y nutrición mineral en la vid. PhD thesis. Spain: Universidad Politécnica de Madrid.

Lissarrague J.R., Yuste, J., Peláez, H., Bartolomé, M.C. 1997. Seasonal changes in soil moisture, leaf area and leaf water potential in two training systems in Tempranillo grapes. 5 th Int. Symp. On Grapevine Physiology. Jerusalén (Israel), 25 – 30 Mayo.

Lópes, C. 1994. Influencia do sistema de condução no microclima do coberto, vigor e productividades da videira (*Vitis Vinifera* L.) Tesis doctoral. Universidades Técnica de Lisboa. 205 p.

López, M.I., Sánchez, M.T., Díaz, A., Ramírez, P., Morales, J., 2007. Influence of a deficit irrigation regime during ripening on berry composition in grapevines (*Vitis vinifera* L.) grown in semi-arid areas. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 58, 491–507.

López-Bustins, J.A., Nadal, M., De Herralde, F., Savé, R. 2014. Global change and viticulture in the Mediterranean region: a case of study in north-eastern Spain. Spain. *Journal of the sciences of Food and Agriculture*. 12:78-88.

López-Miranda, S., Yuste, J., Lissarrague, J.R. 2004. La poda del Verdejo: fundamentos y aplicaciones. Ed. Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. 123 p.

MAGRAMA. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2016. Anuario de Estadística Agraria.

Martínez de Toda, F. 1995. "Mecanización Integral del viñedo". Madrid. Ed. Mundiprensa. 116 pp

Martínez de Toda, F., Tardáguila, J., Orio, P. 2008. "Control de la Producción del viñedo mediante la operación de deshojado temprano". Foro Mundial del Vino. Logroño, Abril, 2008.

Martínez de Toda, F.M., Balda, P., 2014. Reducing the pH of wine by increasing grape sunlight exposure: a method to mitigate the effects of climate warming. *VITIS-J. Grapevine Res.* 53, 17–20.

Matthews, M.A., Anderson, M.M., 1988. Fruit ripening in *Vitis vinifera* L. responses to seasonal water deficits. *American Journal of Enology and Viticulture.* 39, 313–320.

McCarthy M. 1997. Regulated deficit irrigation and partial rootzone drying for vineyards. *The Australian Wine Research Institute.* 10:20-21.

Mpelasoka, B.S., Schachtman, D.P., Treeby, M.T., Thomas, M.R. 2003. A review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation. *Aust. J. Grape Wine Res.* 9, 154–168.

Mira de Orduña, R. 2010. Climate change associated effects on grape and wine quality and production. *Food Res International.* 43:1844–1855.

Mori, K., Goto-Yamamoto, N., Kitayama, M., Hashizume, K. 2007. Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature. *Journal of Experimental Botany.* 58:1935–1945.

Myburg, P.A. 2006. Juice and Wine Quality Responses of *Vitis Vinifera* L. cv. Sauvignon Blanc and Chenin blanc to timing of irrigation during berry ripening in the Coastal region of South Africa. *South Africa Journal of Enology and Viticulture.* 27: 1-7.

Nadal, M., Arola, L. 1995. Effects of limited irrigation on the composition of must wine of Cabernet Sauvignon under semiarid conditions. *Vitis* 34: 151- 154.

Naor, A., Bravdo, B.A., Hepner, Y. 1993. Effects of post- veraison irrigation level on Sauvignon Blanc yield, juice quality and water relations. *South Africa Journal of Enology and Viticulture* 14:19-25.

Niculcea, M., Martínez- Lapuente, L., Guadalupe, Z., Sánchez- Díaz, M., Morales, F., Ayestarán, B., Antolin, M.C. 2013. Effects of water-deficit irrigation on hormonal content and nitrogen compounds in developing berries of *Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo. *Journal of Plant Growth Regulation* 32: 551-563.

OIV 2014. Compendium of international methods of wine and must analysis.

Ojeda, H., Deloire, A. 2001. "Berry development of grapevines: Relations between the growth of berries and their DNA content indicate cell multiplication and enlargement". *Vitis* 38:145-150.

Ojeda, H., Andary, C., Kraeva, E., Carbonneau, A., Deloire, A. 2002. Influence of pre- and postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. *American Journal of Enology and Viticulture* 53: 261- 267.

Otero, I., Diago, P., Genisheva, Z., Vilanova, M. 2006. Efectos del despampanado sobre la composición aromática del vino Albariño en el valle del

Salnés. IBB-Institute for Biotechnology and Bioengineering, Centre of Biological Engineering, Universidade do Minho.

Pence, R. A., Grieshop, J. I. 1991. "Leaf removal in wine grapes: a case study in extending research to the field". *California Agriculture* 45(6): 28-30.

Petrie, P.R., Trought, M.C.T. Stanley Howell, G. 2000. Growth and dry matter partitioning of Pinot noir (*Vitis vinifera* L.) in relation to leaf area and crop load. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 6,40-45.

Peyrot des Gachons, C., Van Leeuwen, C., Tominaga, T., Soyer, G.-P., Gaudillere, J.P., Dubordieu, D. 2005. Influence of water and nitrogen deficit on fruit ripening and aroma potential of *Vitis Vinifera* L cv Sauvignon Blanc in field conditions. *Journal Science of Food Agriculture*. 85: 73-85.

Poni, S., Casalini, L., Bernizzoni, F., Pressutto, P., Rebucci B. 2004. "Performance of Croatina under Short-Cane Mechanical Hedging: A Successful Case of Adaptation". *American Journal of Enology and Viticulture*. 55 (4): 379-388.

Poni, S., Casalini, L., Bernizzoni, F., Civardi, S. and Intrieri, C. 2006a. "Effects of Early Defoliation on Shoot Photosynthesis, Yield Components, and Grape Composition." *American Journal of Enology and Viticulture*. 57 (4): 397-405.

Poni, S., Bernizzoni, F., Casalini, L., Gonçalves, M.I. 2006b. "Defogliazione precoce della vite." *L'Informatore Agrario* 17:77-82.

Poni, S., Casalini, L. Bermizzoni, F., Civardi, S., Intrieri, C. 2006. Effects of early defoliation on shoot photosynthesis, yield components, and grape composition. *American Journal of Enology and Viticulture* 57 (4) 397- 407.

Reynolds, A.G., Naylor, A.P. 1994. Pinot noir and Riesling grapevines respond to water stress duration and soil water-holding capacity. *HortScience* 29:1505-1510.

Ribéreau-Gayon, P., Dubourdiou, D., Doneche, B. and Lonvaud, A. 2003. *Tratado de Enología. Tomo 1. Microbiología del Vino (Handbook of Enology Vol. 1: The Microbiology of Wine and Vinifications)*, Mundi-Prensa, Madrid, España.

Riou, C., Morlat, R. 1994. La détermination climatique de la maturation du raisin. Application du zonage de la teneur en sucres dans la Communauté Européenne. *Comisión Européenne*, 320 p.

Roby, G., Harbertson, J.F., Adams, D.A., Matthews, M.A. 2004. Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: anthocyanins and tannins. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 10, 100-107.

Rubio, J.A. 2002. Riego y aclareo de racimos: efectos en la actividad fisiológica, en el control del rendimiento y en la calidad de la uva del cv. Tempranillo (*Vitis vinifera* L). Tesis doctoral de la Universidad Politécnica de Madrid.

Sadras, V.O., Montoro, A., Morán, M.A., Aphalo, P.J. 2012. Elevated temperatura altered the reaction norms of stomatal conductance in field-grown grapevine. *Agriculture and Forest Meteorology*.

Salazar-Parra, C., Aguirreolea, J., Sanchez-Diaz, M., Irigoyen, J.J. and Morales, F. 2010. Effects of climate change scenarios on Tempranillo grapevine (*Vitis vinifera* L.) ripening: response to a combination of elevated CO₂ and temperature, and moderate drought. *Plant Soil* 337:179-191.

Salón, J. L., Chirivella, C., Castel, J.R. 2005. Response of *Vitis Vinifera* cv. Bobal to the timing of deficit irrigation in Requena, Spain. *Water relations, yield and wine quality.. American Journal of Enology and Viticulture.* 56; 1-8.

Sánchez de Miguel, P., Centeno, A., Baeza, P., Lisarrague, J.R. 2005. Photosynthetic response to light of Tempranillo leaves in field: Effects of leaf age, position and water potential. *ISHS Acta Horticulturae* 689. VII International Symposium on Grapevine Physiology and Biotechnology. 357- 364.

Sánchez de Miguel, P., Junquera, P., de la Fuente, M., Jiménez, L., Linares, R., Baeza, P., Lissarrague, J., 2011. Estimation of vineyard leaf area by linear regression. *Span. Journal of Agricultural Research.* 9, 202–212.

Sánchez-Díaz, M., Aguirreolea, J. 2000. Movimientos estomáticos y transpiración. En: *Fundamentos de fisiología vegetal.* Editorial J. Azcon-Bieto y M. Talón.

Santesteban, L.G., Miranda, C., Royo, J.B. 2019. Regulated deficit irrigation effects on growth, yield, grape quality and individual anthocyanin composition in *Vitis Vinifera* L. cv. Tempranillo. *Agricultura Water Mngement.* 98 (7), 1171-1179.

Schultz, H.R., Jones, G. V. 2010. Climate Induced Historic and Future Changes in Viticulture. *Journal of wine research.* 21:2 (137-145).

Shellie, K.C. 2010. Water deficit effect on ratio of seed to berry fresh weight and berry weight uniformity in winegrape cv. Merlot. *American Journal of Enology and Viticulture* 61(3), 414-418

Sipiora, M.J., Gutiérrez M.J. 1995. Respuestas a la sequía de viñas de Riesling y Cabernet Sauvignon sobre portainjerto SO4. *Claves de la viticultura de calidad.*, 38: 27-34.

Smart, R., Smith, S. M., and Winchester, R. V. 1988. "Light Quality and Quantity Effects on Fruit Ripening for Cabernet Sauvignon" *Am. J. Enol. Vitic* 39 (3):250-258.

Smart, R.E., Robinson, J.B., Due, G.R., Brien C.J. 1995. Canopy microclimate modification for the cultivar Shiraz. II. Effects on must and wine composition. *Vitis* 24:119-128.

Smart, R., M. Robinson. 1991. "Sunlight into wine. A handbook for winegrape canopy management". Adelaida, Winetitles.

Stoll, M., Lafontaine, M., Schultz, H.R. 2010. Possibilities to reduce the velocity of berry maturation through various leaf area to fruit ratio modifications in *Vitis vinifera* L. Riesling. *Progres Agricole et Viticole* 127:68–71.

Spayd, S., Tarara, J., Mee, D., Ferguson, J. 2002. Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries.. *American Journal of Enology and Viticulture.* 53 (3): 171-182.

Tardaguila, J., Petrie, P. R., Poni, S., Diago, M. P., Martinez de Toda, F. 2008B. "Effects of Mechanical Thinning on Yield and Fruit Composition of Tempranillo and Grapes Trained to a Vertical Shoot-Positioned Canopy." *Am. J. Enol. Vitic.* 59 (4): 412-417.

Tardaguila, J., Diago, M. P., Balda, P., Martinez de Toda, F. 2008b. "Resultados preliminares del aclareo mecánico en el control de la producción y la composición de la uva en Tempranillo y Garnacha". *Foro Mundial del Vino*. Logroño, Abril, 2008.

Tardaguila, J., Diago, M. P., Balda, P., Martinez de Toda, F. 2008c. "Aclareo mecánico, nueva técnica para controlar la producción de uva en viñedos en espaldera". *Foro Mundial del Vino*. Logroño, Abril, 2008.

Van Leeuwen, C., Seguin, G. 1994. Incidences de l'alimentation en eau de la vigne, précisée par l'état hydrique du feuillage, sur le développement de l'appareil végétatif et la maturation du raisin. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*. 28, 2: 81-100.

Van Leeuwen, C., Friant P.H., Choné X., Trégoat O., Koundouras S., Dubourdieu D., 2004. The influence of climate, soil and cultivar on terroir. *American Journal of Enology and Viticulture*. 55, 207-217.

Valdés, M.E., Moreno D., Vilanova, M., Yuste, J., Montoro A., Talaverano, M.I., Gamero. E., Uriarte, D., Mancha L.A., Castel, J.R. 2014 a. Composición nitrogenada de las variedades blancas Airén, Cigüete, Airén, Moscatel de Alejandría y Verdejo, cultivadas en España. Incidencia del régimen hídrico. 1 Jornada del Grupo de Viticultura y Enología de la SECH. Logroño (LaRioja) (en prensa).

Valdés, M.E., Vilanova, M., Moreno D., Talaverano, M.I., Gamero. E., Uriarte, D., Yuste, J., Montoro, A., Castel, J.R. 2014 b. Perfil amínico de cuatro variedades blancas (*Vitis vinifera* L.) cultivadas en España: Verdejo, Cigüete, Airén y Moscatel de Alejandría. 37^o Congreso Mundial de la Viña y el Vino. Mendoza (Argentina) (en prensa).

Vasconcelos, M.C., Castagnoli, S. 2000. Leaf canopy structure and vine performance. *American Journal of Enology and Viticulture*. 51 (4): 390-396.

Vasconcelos, M.C., Greven, M., Winefield, C.S., Trought, M.C.T., Raw, V. 2009. The flowering process of *Vitis vinifera*: A review. *American Journal of Enology and Viticulture* 60, 411- 434.

Vilanova, M., Ugliano, M., Siebert, T., Pretorius, I.J., 2011. Assimilable Nitrogen utilization and production of volatile and non volatile compounds in chemically defined medium by *Sacharomyces cerevisiae* wine strains. *App. Microbiol. Biotechnol.* 77: 145-157.

Vilanova, M., Valdés, M.E., Uriarte D., Yuste, J., Vicente, A., Pérez, D., Castel, J.R. 2014. On the aromatic composition of three White grapevine varieties as affected by irrigation in Spain. *Proceedings of X International Terroir Congress*, 7- 10 July 2014, Tokaj (Hungary).

Webb, L.B., Whetton, P.H., Bhend, J., Darbyshire, R., Briggs, P.R. and Barlow, E.W.R. 2012. Earlier wine-grape ripening driven by climatic warming and drying and management practices. *Nature Clim. Change* 2:259–264. 341

Williams, L.E., Mathews, M.A. 1990. Grapevine in Irrigation of agricultural crops, Agronomy Monograph 30. B.A. Stewart and D.R. Nielsen (eds), ASA-CSSA-SSSA Madison, WI (USA). Pp. 1019-1055.

Wilson, B., Strauss, C.R., Williams, P.J. 1984. Changes in free and glycosidically bound monoterpenes in developing Muscat grapes. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 32: 919-924.

Yuste, J. 1995. Comportamiento fisiológico y agronómico de la vid (*Vitis vinifera* L.) en diferentes sistemas de conducción en secano y regadío. Tesis Doctoral, Dpto. Producción vegetal: Fitotecnia. Universidad Politécnica de Madrid.

Yuste J.; Rubio J.A.; Baeza P., Lissarrague J.R. 1997. Aclareo de racimos y régimen hídrico: efectos en la producción, el desarrollo vegetativo y la calidad del mosto de la variedad Tempranillo conducida en vaso. Viticultura enología profesional. 51, 28-35.

Yuste, Jesús, Gutiérrez, I., Rubio, J.A., Albuquerque, M.V., 2004. Réponse des potentiels hydriques de la feuille et du xylème comme indicateurs de l'état hydrique de la vigne, cépage tempranillo, soumis à différents régimes hydriques dans la vallée du Douro. J. Int. Sci. Vigne Vin Int. J. Vine Wine Sci. 38, 21–26.

Yuste, J., Rubio, J.A., Albuquerque, M.V., 2009. Relationship between soil water content and vine water status: use of water indicators to irrigate., in: 16th International GiESCO Symposium. Davis, California, USA, pp. 233–238.

Yuste, J., Martín, J. P., Arranz, C., Castro, I., Rubio, J. A., Pinto- Carnide, O., Ortiz, J. M. 2011: Prospecion and identification of grapevine varieties cultivated in north Portugal and northwest Spain. Vitis 50, 29-33.

Yuste, J., Vicente, A., 2015. Manejo del riego y control de rendimiento del viñedo en un marco de limitación hídrica y cambio climático. Aplicación en la variedad Verdejo (*Vitis vinifera* L.). Phytoma-Esp. 274.